

**Univerzita Karlova**

**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Fyzická geografie a geoekologie



**Bc. Denisa Navrátilová**

**ZMĚNY GEOCHEMISMU POVRCHOVÝCH VOD VE VYBRANÝCH  
POVODÍCH KRUŠNÝCH HOR**

**CHANGES OF GEOCHEMISTRY OF SURFACE WATER IN SELECTED  
CATCHMENTS OF THE ORE MOUNTAINS**

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.

Praha 2020

## **Zadání diplomové práce**

### **Název práce**

Změny geochemismu povrchových vod ve vybraných povodích Krušných hor

### **Cíle práce**

Cílem diplomové práce je analyzovat změny geochemismu ve vybraných povodích Krušných hor a analyzovat možné příčiny těchto změn. Nedílnou součástí studie je analýza změn vybraných parametrů jakosti povrchové vody ve vazbě na hydrologické sucho a studium vztahů vybraných parametrů kvality vody. Součástí práce je rovněž rešerše domácí a zahraniční odborné literatury, studium aktuálních publikovaných výsledků výzkumu dané problematiky. Zájmovým územím pro řešení práce jsou tři modelová povodí v Krušných horách: povodí horní Rolavy, horní Svatavy a Načetínského potoka.

### **Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje**

- rešerše aktuální zahraniční a domácí odborné literatury na danou problematiku
- terénní průzkum
- příprava a analýza databáze geochemismu povrchových vod
- příprava ostatních vstupních datových podkladů (např. odtokový režim, land cover)
- geostatistická analýza
- diskuse a shrnutí výsledků

### **Datové zdroje**

Odborná literatura, mapové a datové podklady Povodí Ohře, s. p., ČHMÚ, LFULG Sachsen

Datum zadání: 19. listopadu 2018

Vedoucí práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.

Student: Bc. Denisa Navrátilová

### Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 20. 5. 2020

Bc. Denisa Navrátilová

## Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala RNDr. Miladě Matouškové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady a připomínky k mé práci. Dále bych chtěla poděkovat státnímu podniku Povodí Ohře za poskytnutá data a panu Ing. Brunovi za ochotu a rychlé zodpovězení mých dotazů. Dále chci poděkovat svým přátelům, kteří trpělivě odpovídali na mé dotazy a poskytli mi cennou zpětnou vazbu.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá analýzou chemismu povrchových vod, dlouhodobými trendy a vlivem sucha na změny koncentrací vybraných parametrů v povodí horní Svatavy, Rolavy a Načetínského potoka nacházejících se v Krušných horách. Výzkum kvality vody v horských pramenných oblastech je důležitý, protože lze zde snadno pozorovat následky různých vlivů. Práce se zaměřuje na analýzu změn chemismu povrchových vod a nalezení jejich možných příčin, zejména vlivu rašelinišť a suchých epizod. Byly zkoumány parametry teploty vody, konduktivity, pH, BSK<sub>5</sub>, CHSK, TOC, koncentrace dusičnanového dusíku, celkového fosforu, fosforečnanů, sodíku, draslíku, vápníku a železa v období 1993–2018. K analýze dat byly využity metody hodnocení pomocí ČSN 75 7221, krabicových grafů, Pearsonova korelačního koeficientu, PCA analýzy a Mann-Kendallova testu. Největší antropogenní ovlivnění se projevilo na Svatavě, kde téměř všechny koncentrace dosahují nejvyšších hodnot. V povodí Rolavy a Načetínského potoka se projevil vliv rašelinišť zvýšením koncentrací železa, TOC a CHSK. Výsledky trendů ukázaly nárůst pH a zvyšování teploty povrchové vody ve vazbě na nárůst teploty vzduchu a snižování konduktivity, koncentrací dusičnanového dusíku, draslíku a vápníku. Období hydrologického sucha se projevilo nárůstem koncentrací především u parametru pH, konduktivity, celkového fosforu a bazických iontů ve všech zájmových povodích.

Klíčová slova: kvalita vody, pramenné oblasti, rašeliniště, hydrologické sucho, Mann-Kendallův test

## **Abstract**

This master thesis focuses on an analysis of surface water chemistry, long-term trends and the impact of drought on changes in concentrations of selected parameters in the upper Svatava, Rolava and Načetínský potok basins located in the Ore Mountains. Research on water quality in mountain spring areas is important, the consequences of various changes can be easily observed there. This work analyses the changes in surface water chemistry and discusses their possible causes, especially the impact of peat bogs and dry episodes. The parameters of water temperature, conductivity, pH, BOD<sub>5</sub>, COD, TOC, concentration of nitrate nitrogen, total phosphorus, phosphates, sodium, potassium, calcium and iron were investigated for the period 1993–2018. The available data are analysed using evaluation methods according to ČSN 75 7221 as well as box plots, Pearson correlation coefficient, PCA analysis and Mann-Kendall test. The greatest anthropogenic influence exhibited in Svatava, almost all concentrations reached their highest values there. In the Rolava and Načetínský potok basins, the influence of peatlands manifested itself by increasing the concentrations of iron, TOC and COD. The results of trends showed an increase both in pH and in surface water temperature related to an increase in air temperature, on the other hand the results detected a decrease in conductivity, nitrate nitrogen, potassium and calcium concentrations. In all studied catchment areas the period of hydrological drought caused a general increase in concentrations values, especially in the pH parameter, conductivity, total phosphorus and basic ions.

Key words: water quality, spring areas, peatlands, hydrological drought, Mann-Kendall test

## Obsah

1	Úvod .....	12
2	Dosavadní studie .....	14
2.1	Charakterizace jednotlivých ukazatelů kvality vody .....	14
2.1.1	Teplota vody .....	16
2.1.2	Konduktivita .....	18
2.1.3	Reakce vody pH .....	19
2.1.4	Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní .....	21
2.1.5	Chemická spotřeba kyslíku.....	22
2.1.6	Celkový organický uhlík .....	23
2.1.7	Sloučeniny dusíku .....	23
2.1.8	Sloučeniny fosforu.....	25
2.1.9	Základní kationty .....	26
2.1.10	Železo .....	28
2.2	Rašeliniště a jejich vliv na chemismus horských toků .....	29
2.3	Vliv sucha na chemismus vod .....	30
3	Metody a zdroje dat .....	33
3.1	Zdroje dat .....	33
3.2	Mapové podklady a použitý software .....	38
3.3	Použité analytické nástroje .....	38
3.3.1	Hodnocení jakosti povrchových vod .....	38
3.3.2	Vyhodnocení variability parametrů a vzájemné vztahy .....	39
3.3.3	Analýza hlavních komponent .....	39
3.3.4	Testování dlouhodobých trendů časových řad .....	40
4	Vymezení a charakteristika zájmového území .....	41
4.1	Základní informace o povodích a výškové poměry .....	42
4.2	Geologické a geomorfologické poměry .....	44

4.3	Pedologické poměry .....	48
4.4	Klimatické poměry .....	50
4.5	Krajinný pokryv .....	53
4.6	Antropogenní vliv .....	58
5	Výsledky .....	60
5.1	Časový vývoj koncentrací jednotlivých parametrů.....	60
5.2	Jakost povrchových vod.....	62
5.3	Základní analýza dat pomocí krabicových grafů .....	63
5.4	Extrémně odlehle hodnoty jednotlivých parametrů .....	75
5.4.1	SVA–KRA 14. 7. 1988.....	75
5.4.2	SVA–KLI 12. 2. 1997 .....	76
5.4.3	SVA–KRA 30. 9. 1998.....	76
5.4.4	SVA–KRA 19. 1. 2000.....	76
5.4.5	SVA–KLI 3. 5. 2012 .....	77
5.4.6	SVA–KLI 21. 7. 2015 .....	77
5.4.7	ROL–NH 10. 7. 1996 .....	78
5.4.8	ROL–NH 4. 6. 2001 .....	78
5.4.9	ROL–NH 1. 10. 2008 .....	78
5.4.10	NAC–NAC 20. 4. 1995 .....	79
5.5	Období sucha .....	79
5.5.1	Svatava .....	79
5.5.2	Rolava.....	81
5.5.3	Načetínský potok .....	82
5.6	Vývoj koncentrací jednotlivých parametrů v závislosti na roční době.....	84
5.7	Vzájemný vztah parametrů a stanic .....	86
5.7.1	Vzájemný vztah vybraných parametrů jakosti vody a Q.....	86
5.7.2	Vzájemný vztah mezi vybranými parametry jakosti vody .....	87



5.7.3	Vzájemné porovnání podobnosti jednotlivých profilů .....	88
5.8	Trendy vybraných parametrů jakosti vody .....	89
6	Shrnutí výsledků a diskuze .....	96
7	Závěr.....	103
	Zdroje .....	105
	Internetové a další zdroje.....	113
	Seznam obrázků.....	115
	Seznam tabulek.....	117

## Seznam zkratek

BSK<sub>5</sub>: biochemická spotřeba kyslíku za pět dní

CENIA: Česká informační agentura životního prostředí

cel. P: celkový fosfor

ČGS: Česká geologická služba

ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav

ČOV: čistička odpadních vod

ČSN: Česká státní norma

ČÚZK: Český úřad zeměměřičský a katastrální

DIBAVOD: Digitální báze vodohospodářských dat

EEA: European Environment Agency (Evropská agentura pro životní prostředí)

CHSK<sub>Mn/Cr</sub>: chemická spotřeba kyslíku manganistanem/dichromanem

CHKO: chráněná krajinná oblast

kon.: konduktivita

LFLUG: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen (Saský zemský úřad pro životní prostředí, zemědělství a geologii)

N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: dusičnanový dusík

PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>: fosforečnany

PCA: Principal component analysis (Analýza hlavních komponent)

PřF UK: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy

Q: průtok

Q<sub>355</sub>: kritická hodnota průtoku pro určení hydrologického sucha (pro celé období)

TOC: total organic carbon (celkový organický uhlík)

ÚHÚL: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

VÚKOZ: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.

VÚV T. G. M.: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

WMS: web map service (webová mapová služba)

# 1 Úvod

Kvalita vody v horských oblastech je ovlivňována řadou faktorů. Oblast Krušných hor byla v 2. polovině 20. století silně ovlivněna depozicí různých látek z těžkého průmyslu, který se nacházel v Podkrušnohoří. Kyselé emise  $\text{SO}_2$  zhoršily zdravotní stav stromů, což vyústilo až v masivní deforestaci smrkových monokultur. Dále způsobily výrazný pokles pH, což zapříčinilo vyplavování bazických kationtů ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) a mobilizaci kovů (zejména Al, Cu) z půd do povrchových vod. V 90. letech docházelo v důsledku zpřísnění emisních limitů a zavedení vládních opatření ke snižování emisí, především síry a dusíku (Engardt et al. 2017, Oulehle, Hruška 2009, Růžek 2019), což se postupně projevilo rostoucím pH půdy a vody horských toků. Zlepšování stavu chemismu toků však reaguje se zpožděním z důvodu postupného uvolňování okyselujících aniontů z povodí (Stuchlík et al. 2017, Růžek 2019). V posledních letech je chemismus vod ovlivňován také změnou klimatu, která s sebou přináší hlavně zvyšující se teplotu vzduchu (Bates et al. 2008, EEA 2017), jež ovlivňuje zvyšování teploty vody, ale například i změnu skupenství srážek (Hynčica, Huth 2019) nebo má vliv na zkracování období se sněhovou pokrývkou. V souvislosti se změnou klimatu a pH bylo v posledních letech v pramenných oblastech registrováno uvolňování většího množství přírodních organických látek, které způsobují zvyšování spotřeby rozpuštěného kyslíku ve vodě na jejich rozklad a celkově snižují kvalitu vody pro místní biotu, i k využití pro pitné účely (Evans et al. 2005, Ritson et al. 2014). Dalším problémem je rostoucí extremita srážko-odtokových událostí (Easterling et al. 2000), kdy vodní toky nejvíce ovlivňuje změna velikosti úhrnu srážek a jejich samotné načasování (Bates et al. 2008). Při náhlých přívalových deštích dochází k transportu vyššího množství organických látek a živin z povodí. Největším problémem v posledních pár letech jsou delší a častější období sucha projevující se hojnějším výskytem minimálních průtoků (Macura et al. 2016) s navazujícími extrémními srážkovými událostmi (Broder et al. 2017), které způsobují změnu v průbězích biochemických reakcí v povrchových vodách. V důsledku snížení hladiny podzemní vody v obdobích sucha dochází k zvýšení oxidativních procesů a tedy k rychlejší mineralizaci látek v povodí, které jsou následně při přívalových srážkách urychleně odnášeny do povrchových vod.

Kvalita vody je proměnlivá i v rámci jednoho roku, kdy největší změny jsou vázány na jarní období tání sněhové pokrývky a sušší letní období. Během těchto období může dojít ke zvýšení koncentrací dusičnanů, jarní tání sněhu snižuje alkalitu povrchových vod a množství organického uhlíku, letní období sucha zvyšují koncentrace bazických iontů

(Soulsby et al. 2001). Nárůst průměrných ročních teplot také může ovlivňovat uvolňování většího množství organických látek v oblastech, kde je významné zastoupení rašelinišť (Worrall et al. 2006, Evans et al. 2005, Ritson et al. 2014).

Téma kvality vody, jejího dlouhodobého vývoje, závislosti na různých podmínkách a dalších parametrech je oblíbeným předmětem zkoumání řady českých a zahraničních studií. Tato práce je určitým navázáním na tradici předešlých závěrečných prací, které se zabývaly kvalitou povrchových vod v Krušných horách (Hryzáková 2008, Beranová 2011, Kočárková 2016, Špringerová 2019), tak i v jiných oblastech s výskytem rašeliništi (Kocum et al. 2016, Vlček et al. 2012).

Hlavním cílem této diplomové práce je analýza změn jakosti povrchové vody ve vazbě na změny srážko-odtokového režimu a vlivu člověka. Zájmová území jsou lokalizována v Krušných horách – jedná se o tři horská povodí: horní Svatavy, Načetínského potoka a horní Rolavy. Cílem práce je analýza změn kvality povrchových vod a nalezení jejich možných příčin, dále porovnání kvality povrchové vody jednotlivých vodních toků a identifikace rozdílů. Dílčím cílem je rozbor kvality povrchové vody v souvislosti s výskytem hydrologického sucha a studium vzájemných vztahů jednotlivých parametrů.

Výzkumné hypotézy jsou:

1. z pohledu trendů dochází ke zlepšení kvality vody v pramenných oblastech Krušných hor,
2. období hydrologického sucha mají vliv na kvalitu povrchových vod a projevují se odlišně z pohledu biogeochemismu povrchových vod v antropogenně ovlivněných pramenných oblastech a přírodě-blízkých povodí,
3. rašeliniště a podmáčené lesní porosty významně ovlivňují biogeochemismus povrchových vod v pramenných oblastech.

## 2 Dosavadní studie

V této části diplomové práce jsou obecně představeny základní chemické ukazatele kvality vody a výsledky studií, jež se touto problematikou zabývaly. Dále je popsán vliv přítomnosti rašelinišť v povodí a možné následky hydrologického sucha na kvalitu vody.

### 2.1 *Charakterizace jednotlivých ukazatelů kvality vody*

K základním prvkům hodnocení kvality vodního prostředí patří podle řady autorů fyzikální ukazatele (Langhammer 2002, Pitter 2009). Popisují celkový stav vodního prostředí a tím pádem je lze považovat za základní indikátory souhrnného stavu vody. Hlavní fyzikální ukazatele jsou teplota vody, konduktivita a pH. Mezi další ukazatele kvality vody patří organické znečištění, které se dostává do povrchových vod jak z přírodního, tak z antropogenního prostředí. V rámci přírodních procesů dochází k vyluhování humusových látek z půdy a sedimentů do povrchových vod. Bohužel se značná část organických látek dostane do vod činností průmyslu, zemědělství a komunálního znečištění. Pro snazší detekci organického znečištění v povrchových vodách se používají komplexní ukazatele, díky kterým je možné získat informaci o celkovém množství organických látek v tocích. Mezi hlavní indikátory patří biochemická spotřeba kyslíku (BSK), chemická spotřeba kyslíku (CHSK<sub>x</sub>) a obsah celkového organického uhlíku (TOC). Další skupinou jsou živiny (nutrienty), kam se řadí hlavně sloučeniny dusíku, fosforu a bazické ionty. Dusík, fosfor a draslík se řadí mezi biogenní prvky, které jsou nezbytné pro správný růst a samotný život organismů. Ovšem jejich zvýšené koncentrace způsobují eutrofizaci vod, a proto je potřeba limitovat jejich množství v povrchových vodách. Hlavními antropogenními zdroji těchto látek jsou komunální a průmyslové odpadní vody a zemědělství (ČSN 75 7221 2017). Poslední skupinou látek, kterou se zabývá tato práce, jsou kovy (konkrétně železo), které mají stejně jako předešlé parametry svůj původ v přírodní i antropogenní sféře.

Kvalita vody je v posledních letech velmi oblíbeným předmětem studií. Během minulého století bylo velké množství toků pod vlivem výrazného znečištění. V 90. letech došlo k řadě opatření dbajících na zlepšení životního prostředí, což se většinou pozitivně projevilo na kvalitě vody, jako například ve studiích Wilda (2019) a Langhammera (2001), kteří zkoumali dlouhodobý vývoj kvality vody vybraných českých řek. Langhammer (2001) se konkrétně zabýval povodím Berounky, kde analyzoval změny kvality vody v 90. letech. Během tohoto období došlo v Berounce ke částečnému zlepšení kvality vody, ale pokles znečištění neměl v jejích klíčových přítocích stejný vývoj. Přítoky Střela, Litavka,

Třemošná, Rakovnický potok a Kaznějovský potok zůstaly až do začátku 21. století pod těžkým vlivem intenzivního znečištění z místních obecních, průmyslových a zemědělských zdrojů. Tento vývoj zapříčinil postupný nárůst rozdílů kvality vody mezi tokem a jeho hlavními přítoky. Více než polovinu povodí Berounky tvoří zemědělské oblasti a 43 % je tvořeno lesy, které z největší části náleží CHKO Křivoklátsko a pohoří Brdy. V horní a střední části toku Berounky, které jsou v rámci tématu této práce nejdůležitější, se postupně zlepšila kvalita povrchové vody. Na hlavních přítocích však došlo ke stagnaci nebo dokonce zhoršení kvality vody.

Tato práce zkoumá kvalitu vody v horských pramenných oblastech, které by měly být nejméně antropogenně ovlivněné, což se pak více projevuje postupně dále v toku. V pramenných oblastech je možné lépe pozorovat vliv přírodního prostředí na kvalitu vody, například díky rozdílům v krajinném pokryvu, ve využití ploch a také v geologickém a půdním podkladu. Obecnou kvalitativní charakteristikou pramenných oblastí řeky Otavy, která se nachází v Národním parku Šumava, se zabýval Mánek (1998). Plochy sledovaných povodí se pohybovaly přibližně mezi 10 a 170 km<sup>2</sup> a průměrná výška povodí byla 850 m n. m. V rámci chemických a fyzikálních parametrů zkoumal pH, konduktivitu, teplotu vody, koncentrace NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>3+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Ca a CHSK, odběry byly prováděny během let 1995 a 1996. Na kvalitě vody se ve sledovaných povodích projevila přítomnost rašelinišť, což zapříčinilo snížení pH a zvýšení koncentrací CHSK a NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Další vliv měly antropogenní oblasti, kdy nejvíce znečištěným tokem byl Zlatý potok, do něhož již od pramene vtékají odpadní vody z obce Řetenice. Další významné znečištění bylo způsobeno stokou z Kašperských Hor, kde i po vyčištění vody v ČOV byly vysoké koncentrace některých iontů, zejména fosfátů. Dále zde do spodní vody prosahovala voda z blízké skládky komunálního odpadu. Toto znečištění se projevovalo na Zlatém potoce a Losenici.

Změny kvality vody je třeba vždy uvažovat v kontextu dlouhodobých sezónních výkyvů, které jsou velmi závislé na ročních teplotních a hydrologických režimech (Soulsby et al. 2001), kdy například během jarního tání dochází k vymývání látek z přírodního prostředí anebo během hydrologického sucha je snížena ředící schopnost toku. Kromě toho mohou být koncentrace jednotlivých parametrů dále ovlivněny krátkodobým zvýšením průtoku v návaznosti na srážko-odtokovou událost. Tomuto tématu se ve své studii věnovali Kulasová et al. (2008), která prováděla kontinuální měření kvality povrchové vody v povodí Uhlířská v Jizerských horách v letech 2006 a 2007. Mezi sledovanými parametry byly

například konduktivita, pH,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ . Celková plocha povodí je 1,87 km<sup>2</sup> a téměř na celém území se vyskytují rašeliniště – hlavně v pramenné oblasti a podél toku. Hodnoty pH měly přesně opačný průběh než průtok, tedy nejvyšší hodnoty pH byly naměřeny během nízkých průtoků, a naopak nejnižší hodnoty pH během vysokých průtoků. Nejnižší hodnoty pH byly naměřeny v blízkosti rašelinišť a během srážko-odtokových epizod promývání rašelinišť snižovaly pH povrchových vod. Hodnoty dusičnanového dusíku byly obecně nižší, zvýšení koncentrací bylo dosahováno během tání sněhu doprovázeného deštěm.

Kvalita vody může být analyzována mnoha různými metodami. Pro určení dlouhodobých trendů se běžně používá Mann-Kendallův statistický test, který například využili Ekström et al. (2016) v období 1972–2013 při sledování povrchových vod třech švédských řek na hladině 5% pravděpodobnosti, kdy zkoumal dlouhodobé trendy koncentrací železa a dalších parametrů. Dále byl použit na řece Ebro ve Španělsku, kde proběhl výzkum 34 fyzikálně-chemických parametrů, které byly měřeny každý měsíc po dobu 24 let. V tomto výzkumu byla použita také PCA analýza odhalující vztah mezi jednotlivými parametry (Bouza-Deaño et al. 2008).

Jak bylo naznačeno na začátku této kapitoly, kvalita povrchové vody může být sledována na základě různých parametrů. Mezi základní ukazatele, které sleduje většina autorů a zároveň i tato práce, patří teplota vody, konduktivita a pH. V rámci sledování množství organické hmoty v různých podobách se využívá ukazatelů CHSK, TOC a BSK. Různé druhy antropogenního znečištění je možné zkoumat pomocí koncentrací sloučenin dusíku a fosforu. Vliv jak geologického podloží, tak antropogenního znečištění je možné sledovat pomocí základních kationtů. Na koncentracích železa je možné dobře pozorovat vliv rašelinišť na kvalitu povrchové vody.

### **2.1.1 Teplota vody**

Významným ukazatelem vlastností a jakosti vody je její teplota. Odráží fyzicko-geografické poměry toku a jeho aktuální stav. Teplota vody má chod založený zejména na příjmu slunečního záření a na příjmu tepla z atmosféry, vodního dna a břehů. Teplota vody kolísá v závislosti na denním i sezónním chodu teploty vzduchu, klimatickém období a slunečním záření (Langhammer 2002, Soulsby et al. 2001).

Teplota vody přímo ovlivňuje obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě (Pitter 2009). Korelaci zvyšování teploty vzduchu a snižování obsahu rozpuštěného kyslíku pozoroval van Vliet a



Zwolsman (2008) na řece Máze, kdy odhalil signifikantní nepřímou úměrnost. Z toho plyne, že zvýšení teploty vody způsobuje snížení obsahu rozpuštěného kyslíku. Zvyšování teploty vody a častější období sucha mohou mít vliv na redukci kyslíku obsaženého ve vodě a prodloužení doby, kdy jsou znečišťující látky ve vodním toku přítomny (Dettinger et al. 2015). Změny odtokových režimů a teploty vody mohou ovlivnit funkci a strukturu vodních ekosystémů (Dettinger et al. 2015).

Horské vodní toky, které se nacházejí v odlehlých oblastech, jsou citlivé na změnu klimatu. Studium změn vodní bilance, které jsou způsobeny globálními dopady, se ve Vysokých Tatrách zabývali Benčoková et al. (2008). Podle jejich analýz se bude v těchto oblastech zvyšovat teplota vzduchu, mírně poklesne množství srážek a změní se i jejich rozložení během roku. Snížení průtoků může nastat až o třetinu, kdy nejvýraznější pokles bude během letních měsíců. Podle Macury et al. (2016) a Eliáše et al. (2002) mají největší vliv na teplotní poměry horských vodních toků změny a extrémy počasí, denní amplituda teplot vzduchu a rozkolísanost ve střídání přívalových povodní a nízkých průtoků. Kromě teploty vzduchu ovlivňuje teplotu vody horských toků také rychlost jejich proudění (Mánek 1998). Na šumavských tocích se teplota vody vyznačovala nízkou tepelnou akumulací, což bylo způsobeno malou vodnatostí.

Vzhledem k vysoké proměnlivosti teploty vody během roku i dne je velmi důležité brát v potaz, kdy byly dané odběry prováděny. Například v povodí horní Rolavy byly nejvyšší teploty vody naměřené v pramenných oblastech. Kočárková (2016) tento fakt zdůvodňuje časem měření a s ním souvisejícím denním chodem teploty vody, protože měření v pramenných oblastech proběhly odpoledne. V pramenných oblastech se také nacházejí rašeliniště, což může mít také vliv na teplotu vody. Naopak u Slatinného potoka byly vyšší teploty naměřeny ve střední části toku, kde tok meandruje a je přímo ovlivněn slunečním zářením, na rozdíl od pramenné oblasti, která je zastíněna lesním porostem.

Trendy zvyšování teploty vody se také dávají do souvislosti s často diskutovanou změnou klimatu a globálním oteplováním. Dlouhodobá studie teploty vody v horských oblastech Skotska byla provedena na 30letých datech. Nebyl sice doložen celkový trend teploty vody, ale byly určeny sezónní trendy jako nárůst průměrů denních maxim v průběhu zimy a jara. V jarním období byl zjištěn i nárůst průměrné teploty vody asi o 2 °C. Byla odhalena vysoká korelace mezi teplotou vzduchu a teplotou vody. Inverzní vztah mezi teplotou vody a

průtokem je spojen celkově se sezónními rozdíly v solární radiaci a variabilitě srážek (Langan et al. 2001).

Studie sledující trendy teploty vody v rámci celého 20. století na území Rakouska dokumentuje, že na sedmi z deseti sledovaných toků byl indikován nárůst teploty vody o 0,47 až 1,26 °C (Webb, Nobilis 1995). Největší sezónní nárůst byl na Dunaji a Innu v období podzimu a brzké zimy. Největší nárůsty teploty vody byly pozorovány v říjnu a listopadu, kdy řeky měly nejmenší průtoky. Naopak nebyly nalezeny žádné signifikantní nárůsty teploty vody pro květen až červenec. Trend zvyšování teploty vody v toku byl daleko výraznější než trend zvyšování teploty vzduchu. Webb (1996) vysvětluje tuto skutečnost tím, že na některých tocích došlo ke značným lidským zásahům do přirozeného toku řek, např. vybudování přehrad, regulace pro zlepšení lodní dopravy, budování vodních elektráren atd. U menších vodních toků nebyl nárůst teploty vody tak výrazný.

### **2.1.2 Konduktivita**

Konduktivita (měrná vodivost) je schopnost vody vést elektrický proud. Hodnota konduktivity je ovlivněna mírou obsažených aniontů a kationtů, které jsou uvolněny v průběhu disociace elektrolytů. Ionty způsobují, že je roztok vodivý, z čehož plyne, že vyšší hodnota konduktivity značí vyšší obsah iontů ve vodě. Jednotka konduktivity je Siemens na metr (S/m), ale hodnoty jsou nejčastěji udávány v mS/m (Langhammer 2002). Konduktivita je vázána na teplotu vody, a proto jsou její udávané hodnoty vztaženy k teplotě 20 °C. Například navýšení teploty o 1 °C způsobí změnu konduktivity asi o 2 % (Grünvald 1997).

Antropogenní zátěž výrazně ovlivňuje hodnoty konduktivity. Znečišťující látky ve vodě zvyšují míru přítomnosti aniontů a kationtů. Vysoké hodnoty vodivosti indikují zvýšenou antropogenní zátěž, ale neumožňují určit původce a charakter tohoto znečištění. Míra konduktivity je ovlivněna i vodností toku, kdy průtok patří mezi jeden z klíčových faktorů, jež mají vliv na vodivost vodního toku (Jones 2002). V případě bodových zdrojů znečištění dochází při vyšších průtocích k naředění, a tedy k okamžitému poklesu míry konduktivity (Langhammer 2002).

Pramenné oblasti horských toků na Šumavě byly typické velmi nízkými hodnotami konduktivity. Nejnížší hodnoty vodivosti byly zaznamenány v nejméně ovlivněných pramenných oblastech sledovaných toků (Mánek 1998). Další studie v šumavských tocích zjistila signifikantní korelaci mezi konduktivitou, rozložením lesa a jeho kvalitativním

stavem. Průměrné hodnoty konduktivity vzrostly na území, kde se zhoršovala kvalita lesa. Naopak v místech, kde docházelo už k regeneraci lesního porostu, došlo ke snížení konduktivity (Su et al. 2017).

Kromě kvality lesního porostu závisí hodnoty konduktivity na přítomnosti rašelinišť. V pramenných oblastech povodí horní Rolavy konduktivita dosahovala v průměru hodnot okolo 25  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Avšak bylo zjištěno, že v odběrných místech, která se nacházela v blízkosti rašelinišť, byly hodnoty konduktivity vyšší. Celková nejvyšší konduktivita byla naměřena na dolní části toku, kde byla způsobena pravděpodobně antropogenní zátěží. Hodnoty konduktivity se ale v průběhu sledovaných let snižovaly (Kočárková 2016). Snižování hodnot konduktivity bylo odhaleno i na třech švédských tocích v období 1972–2013 (Ekström et al. 2016) nebo na španělské řece Ebro v období 1981–2004 (Bouza-Deaño et al. 2008). Kromě toho Kočárková (2016) indikovala závislosti hodnot konduktivity na roční době. V rámci roku bylo nejvyšších hodnot dosahováno v letním období, průměrné podzimní a zimní hodnoty byly o trochu nižší a nejnižší hodnoty byly zaznamenány na jaře, což naznačuje určitou spojitost s velikostí průtoku. Závislost hodnot konduktivity na velikosti průtoku byla zaznamenána i na Slovensku v povodí řeky Čaradice během období 2005 až 2010, kdy se nejnižší hodnoty konduktivity vyskytovaly v březnu, což bylo pravděpodobně způsobeno zvýšením průtoků kvůli tání sněhu v jarním období. Nejvyšší hodnoty byly naopak naměřeny v září, kdy byly zaznamenány nejnižší průtoky (Noskovič et al. 2013).

### 2.1.3 Reakce vody pH

Koncentrace vodíkových iontů je důležitou vlastností vody. Bronstedova teorie kyselin a zásad říká, že roztoky, jež mohou vodíkový ion uvolňovat, se považují za kyseliny, naopak roztoky, jež vodíkový ion mohou vázat, považujeme za zásady (Straka 1995). Koncentrace  $\text{H}^+$  je v chemicky čisté vodě rovna  $10^{-7}$  a v běžných tocích se pohybuje mezi  $1\text{--}10^{-14}$  (Langhammer 2002). Sørensen (1909) zavedl veličinu vodíkový exponent pH, která je definovaná jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Pro hodnoty větší než 7 se roztok vyznačuje zásaditou reakcí a pro hodnoty menší než 7 reakcí kyselou. Čisté povrchové vody mají pH mezi 6,5 až 8,5.

Acidifikace povrchových vod je způsobena řadou různých příčin, například antropogenní činností nebo také vyplavováním bazických iontů z geologického podloží a půd. Výskyt živých organismů ve vodě je negativně ovlivněn acidifikací. Pokud dojde ke značnému

poklesu pH, tak dochází k úhynu vodních rostlin, mikroorganismů i ryb (Langhammer 2002). V oblasti Krušných hor došlo v minulém století k výrazné acidifikaci, jejímž hlavním činitelem byla depozice ve formě aerosolu, suchého spadu a kyselých srážek. Spalování fosilních paliv způsobuje vypouštění sloučenin síry a dusíku do atmosféry (Maidment 1993). Největší depozice ve formě síry probíhala v 70. a 80. letech 20. století, což se projevilo okyselováním půd a následně i vodních toků. V říční vodě se postupné okyselování projevuje nejdříve mírným poklesem pH a úměrným nárůstem bazických iontů, avšak při překročení pufrací schopnosti půdy hodnota pH začne strmě klesat. Během 90. let začala snaha snižovat emise síry, což se projevilo opětovným nárůstem hodnot pH, avšak často už hodnoty pH nedosáhly na stav před acidifikací, což je zapříčiněno nižší neutralizační schopností půd. Společně se snížením acidifikace v tocích začaly klesat koncentrace bazických iontů (Hruška et al. 2006, 2009). Dlouhodobý trend zvyšování hodnot pH byl například nalezen ve třech švédských řekách v období 1972–2013 (Ekström et al. 2016) nebo na řece Ebro ve Španělsku během období 1981–2004 (Bouza-Deaño et al. 2008).

Hodnoty pH jsou také velmi závislé na velikosti průtoků. V experimentálním povodí Uhlířská ležící v Jizerských horách bylo zjištěno, že během nízkých průtoků jsou hodnoty pH nejvyšší, zatímco v době zvýšených průtoků hodnoty klesají na svá minima. Kulasová et al. (2008) vysvětlují tento trend přítomností velkého množství rašelinišť, které ovlivňují kyselost vody kvůli promývání během tání sněhu a srážko-odtokových epizod. Další vliv velikosti průtoku na pH a závislost na roční době byly pozorovány ve slovenském toku Čaradici v období 2005–2010, kdy nejvyšší naměřené hodnoty pH byly v červenci a srpnu. Naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny v lednu. Noskovič et al. (2013) dále pozorovali vliv atmosférických srážek na snížení hodnot pH. Pokles hodnot pH byl detekován po intenzivních srážkách. Kromě velikosti průtoku byla objevena závislost průměrné hodnoty pH na poloze odběrového místa v podélném profilu vodního toku. I v zahraničních studiích byl pozorován vliv průtoků měnících se v rámci roku na pH vodního toku. Ve čtyřech horských povodích v západní části Cairnogorms ve Skotsku během období 1985–1997 byly hodnoty pH největší v červenci, zatímco v jarním období byly toky kyselejší, když docházelo k tání sněhu. Celkově nejnižší průměrné měsíční hodnoty pH byly naměřeny v zimním období, na čemž jsou dobře znatelné sezónní hydrologické rozdíly (Soulsby et al. 2001).

Kromě velikosti průtoku ovlivňuje hodnoty pH přítomnost rašelinišť v povodí toku, kdy vody pocházející z rašelinišť dosahují relativně malých hodnot pH (Pitter 2009). Tento jev

zaznamenala i Kočárková (2016) v oblasti horní Rolavy, kde nejnižší naměřené hodnoty pH byly v pramenných oblastech Rolavy a Slatinného potoka, kde se vyskytuje značné množství rašelinišť. Hodnota pH se postupně zvyšovala od pramene po proudu. U soutoku Slatinného potoka a Rolavy byla naměřena nejvyšší hodnota pH. Také v šumavských horských tocích byly naměřeny nejnižší hodnoty pH v oblastech, kde se vyskytují rašeliniště. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny na Zlatém potoce, na stoce vedoucí z Kašperských Hor a Slatinném potoce, kde se zároveň projevilo i nejvyšší antropogenní znečištění (Mánek 1998).

#### **2.1.4 Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní**

Ukazatel BSK<sub>5</sub> udává množství rozpuštěného kyslíku, který je spotřebován k biochemické oxidaci látek ve vodě při teplotě 20 °C za dobu 5 dní. Vyjadřuje tedy celkový obsah biologicky rozložitelných organických látek ve vodním toku (Pitter 2009). Hlavním zdrojem znečišťujících látek, které jsou hodnoceny pomocí parametru BSK<sub>5</sub>, jsou komunální odpadní vody. Další neméně významné zdroje znečištění jsou místa průmyslové či živočišné výroby.

Koncentrace BSK<sub>5</sub> mají značnou závislost na velikosti průtoku toku. Uplatňuje se efekt ředění, tedy při zvětšování průtoku se koncentrace BSK<sub>5</sub> v toku snižují. Chod hodnot je v rámci roku i kratšího období přibližně vyrovnaný, protože hlavním zdrojem jsou splaškové odpadní vody, které se do přírodního prostředí dostávají kontinuálně ve stejné míře. Výjimku mohou tvořit například oblasti spojené se sezónním nebo jednorázovým cestovním ruchem. V Česku lze pozorovat pozitivní trend koncentrací BSK<sub>5</sub>, kdy v 90. letech došlo k výraznému poklesu koncentrací látek indikovaných pomocí BSK<sub>5</sub>, což bylo způsobeno hlavně výstavbou čistíren odpadních vod (ČOV) a intenzifikací stávajících čistíren. V roce 2017 bylo napojeno na ČOV 82,3 % všech obyvatel Česka (MŽP 2017).

V pramenných oblastech dílčích povodí Blanice na Šumavě v letech 2006 až 2013 většina profilů spadala do I. jakostní třídy podle ČSN 75 7221, což podle Altmanna (2013) nasvědčuje absenci zdrojů znečištění a dobré samočisticí schopnosti vody. Jen v profilu na Zbytinském potoce byly naměřeny vyšší hodnoty, což je způsobené přítomností ČOV. V podélném profilu řeky Rolavy, kterou se zabývá i tato práce, sledovaném od 90. let 20. století až do roku 2010, se hodnoty BSK<sub>5</sub> postupně zhoršovaly. Na horním toku spadaly do I. jakostní třídy a při ústí Rolavy do Ohře dosahovaly už III. jakostní třídy (Beranová 2011), což opět napovídá ke zhoršení kvality povrchové vody vlivem zvyšování antropogenního znečištění. Zhoršování kvality vody společně s nárůstem říčních kilometrů bylo odhaleno i v povodí Berounky v 90. letech, kde došlo pouze k pozvolnému růstu hodnot

BSK<sub>5</sub>, kdy největší nárůsty byly zaznamenány po ústí přítoků Klabavy, Střely a Litavky (Langhammer 2001).

### 2.1.5 Chemická spotřeba kyslíku

Komplexní ukazatel biologicky rozložitelných či nerozložitelných látek, tedy veškerého organického znečištění, je chemická spotřeba kyslíku (CHSK). Díky tomuto ukazateli je možné zjistit hodnotu znečištění z oblasti průmyslu a komunální sféry. K jeho určení je možné využít dvě oxidační činidla – dichroman (CHSK<sub>Cr</sub>) nebo manganistan draselný (CHSK<sub>Mn</sub>) (Langhammer 2002). Výhoda starší metody s použitím manganistanu draselného je jednoduchost a malá spotřeba činidel (Synáčková 1996). Tato metoda je doporučena pro neznečištěné vody, protože se v nich vyskytuje nízký stupeň oxidace organických látek. Dnes se tato metoda používá pro analýzu pitné vody (Langhammer 2002). Jejím výhodou jsou delší časové řady, díky čemuž může být provedena analýza dlouhodobých změn a trendů. Novější a častěji využívanou metodou je použití dichromanu, pomocí které se zjišťuje množství organických látek v odpadních vodách. Na rozdíl od použití manganistanu je výhodou vysoký stupeň oxidace organických látek, díky čemuž mohou být hodnoceny i silně znečištěné odpadní vody (Pitter 2009).

Hodnoty CHSK jsou velmi ovlivněny přítomností rašelinišť v ploše povodí, které zvyšují množství organických látek v toku. Tohoto jevu si všimla například Hryzáková (2006) na horních tocích Blanice a Rolavy, která vysvětluje poměrně vysoké hodnoty CHSK právě přítomností rašelinišť. Stejných výsledků dosáhla i Beranová (2011), kdy některé hodnoty za určité časové období spadaly do IV. jakostní třídy, ale většina hodnot odpovídala I. nebo II. jakostní třídě. Stejně zvýšení hodnot CHSK<sub>Mn</sub> kvůli rašeliništím identifikovali Altmann (2013) a Bímová (2010) v povodí Zbytinského potoka a Tetřívčího potoka. Západní část Šumavy během let 1995 a 1996 byla charakterizována nižšími hodnotami CHSK<sub>Mn</sub>, což Mánek (1998) vysvětluje menší přítomností rašelinišť. Oproti tomu v horních částech toků, kde je větší koncentrace rašelinišť, byly hodnoty CHSK<sub>Mn</sub> nejvyšší z celého sledovaného území.

Na fluktuaci hodnot CHSK v rámci roku může mít vliv velikost průtoků. V případě vyšších průtoků v důsledku jarního tání sněhu anebo při výrazné srážko-odtokové události dochází k promývání rašelinišť, a tím pádem ke zvýšení množství organických látek v toku. Závislosti CHSK na průtoku si všimla Kočárková (2016) v období 1997–2008 v povodí horní Rolavy, kde se vyskytují rašeliniště. Vyšší hodnoty CHSK<sub>Mn</sub> se zde vyskytovaly

hlavně na jaře, což vysvětlovala stejně jako Mánek (1998) na Šumavě, zvýšením vodnosti způsobené táním sněhové pokrývky. Nižší hodnoty byly zaznamenány také při větších průtocích v únoru.

#### **2.1.6 Celkový organický uhlík**

Vedle parametrů BSK<sub>5</sub> a CHSK také parametr celkový organický uhlík (TOC) hodnotí celkové množství organických látek ve vodě. TOC určuje množství oxidu uhličitého, který vznikne oxidací organických látek, tedy na rozdíl od BSK a CHSK neurčuje množství spotřebovaného kyslíku na oxidaci organických látek. V některých zemích ukazatel TOC nahrazuje ukazatel CHSK, protože lépe detekuje větší množství organických látek (Langhammer 2002, Špringerová 2019). Detailní popis ukazatele TOC a jeho změny koncentrací v povrchových vodách v pramenných oblastech je uveden v diplomové práci Špringerové (2019).

Koncentrace TOC vykazují silnou sezónnost v rámci roku, která je závislá na evapotranspiraci a produkci organické hmoty, což bylo zaznamenáno například v povodí Rokytky. Z toho plyne, že nejnižší koncentrace jsou v zimním období a naopak nejvyšší v letním období (Kocum et al. 2016). Kromě závislosti na produkci organické hmoty se projevuje vztah k velikosti průtoků podobně jako u CHSK, tedy při zvýšených průtocích způsobených například táním sněhu nebo výraznou srážko-odtokovou událostí dochází k vyplavování organické hmoty do povodí. Například v povodí Rokytky byly při nízkých průtocích změřeny nižší hodnoty TOC a při zvyšování průtoků koncentrace TOC stoupaly (Špringerová 2016). Novák (2012) dospěl ke stejným výsledkům. Zjistil, že maximální koncentrace organického uhlíku se vyskytují při tání sněhu a dešťových epizodách. V povodí Rolavy byly také zaznamenány změny TOC v závislosti na průtoku a ročním období (Kočárková 2016), kdy nejnižší hodnoty byly zjištěny v únoru, a naopak nevyšší koncentrace v říjnu společně s vyššími průtoky. Samotné vyšší koncentrace TOC byly způsobeny vyšší přítomností rašelinišť v povodí.

#### **2.1.7 Sloučeniny dusíku**

Dusík je jedním ze základních prvků, který je přítomný v různých formách v živých organismech i neživém prostředí. Ve vodním prostředí se uplatňuje ve všech biologických procesech a vyskytuje se v různých oxidačních stupních a formách. Veškerý dusík je možno vyjádřit jako součet všech jeho forem přítomných ve vodním prostředí – organický, dusičnanový, dusitanový a amoniakální dusík (Pitter 2009). Pro kvalitu vody jsou

nejdůležitější formy dusíku dusičnany, dusitany a amoniakální dusík. Nitrifikace je proces, při němž dochází k rozkladu amoniakálního dusíku na dusitany až dusičnany (Langhammer 2002). Mikroorganismy v aerobních podmínkách při rozkladu dusíku spotřebovávají kyslík. Opačný proces, který probíhá díky mikroorganismům tentokrát v anaerobních podmínkách, se nazývá denitrifikace.

Dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ ) se přirozeně vyskytují ve všech povrchových vodách. Vyšších hodnot je pak dosahováno kvůli antropogenním vlivům. Dusičnany tvoří poslední stupeň procesu nitrifikace. V přirozeném prostředí se vyskytují v malých koncentracích a jsou významným zdrojem živin pro vývoj a růst rostlin. Proto ve vegetačním období rostlin jsou jejich koncentrace nejnižší, a naopak maximálních hodnot je dosahováno na podzim a v zimě, tedy klidovém období rostlin (Langhammer 2002). V antropogenně neovlivněných oblastech horských šumavských toků se koncentrace dusičnanů pohybovaly v letech 1995 a 1996 na velmi nízké úrovni, minimální hodnoty byly naměřeny na Hamerském a Filipovském potoce. Vyšší koncentrace byly naměřeny jen v odpadní vodě z Kašperských Hor a také v oblasti, kde se vyskytovala rašeliniště (Mánek 1998). Beranová (2011) zjistila, že v horní části povodí Rolavy všechny hodnoty dusičnanového a amoniakálního dusíku spadaly od 90. let 20. století až do roku 2010 do I. jakostní třídy, což indikuje právě absenci antropogenního znečištění, které se nachází až v další části toku.

Hlavní část dusičnanů se do vodních toků dostane prostřednictvím splachu ze zemědělských oblastí, ve kterých se používají zemědělská hnojiva. Další možnost, jak se dusičnany dostávají do prostředí, je pomocí atmosférické depozice. Do ovzduší se dostávají oxidy dusíku během spalování fosilních paliv a ty se posléze přeměňují na dusičnany, které se depozicí dostávají zpět na zemský povrch (Synáčková 1996). Rozložení hodnot dusíku se regionálně liší v závislosti na zdrojích emisí a fyzicko-geografických podmínkách pro depozici (Zapletal 2001). Další antropogenní původ dusičnanů jsou ČOV, které jsou bodovým zdrojem splaškových odpadních vod, jež výrazně zhoršují kvalitu vody v obydlených oblastech. Tento jev se například projevil zhoršením jakosti vody Zbytinského potoka, který byl sledován v letech 2006–2013 (Altmann 2013), a to v profilu nacházejícím se pod obcí Zbytiny, kde se zároveň nachází ČOV. Na středním toku Rolavy byly zjištěny zvýšené koncentrace dusičnanů v letech 2006 a 2007, a to v oblastech, kde řeka protéká průmyslovou částí a kde se navíc nachází i ČOV obce Nejdek (Hryzáková 2008).



Koncentrace sloučenin dusíku jsou kromě antropogenního působení závislé na velikosti průtoku. Pokud je zdrojem sloučenin dusíku přírodní prostředí, během vyšších průtoků, způsobených například táním sněhu nebo výraznou srážko-odtokovou událostí, dochází stejně jako u CHSK a TOC k vyplavování sloučenin dusíku do vodního toku. Na Tetřívčím potoce, nacházejícím se na Šumavě, se nejvyšší koncentrace dusičnanového dusíku vyskytovaly v letech 2006–2013 na jaře a na podzim zároveň s nejvyššími průtoky, což odpovídá plošnému zdroji znečištění biogenního původu z lesa (Altmann 2013). V povodí Uhlířského potoka se hodnoty dusičnanového dusíku zvyšovaly během tání sněhu doprovázeného dešťovými srážkami ve sledovaném období 2006 a 2007 (Kulasová et al. 2008). Zvyšování koncentrací dusičnanů v závislosti na průtoku bylo zjištěno i v zahraničních studiích, kdy v horských tocích ve Skotsku během let 1985–1997 byly hodnoty vyšší na jaře během tání sněhové pokrývky, ale také v teplém letním období (Soulsby et al. 2001). Zvýšení koncentrací během suchého období může naopak indikovat bodový antropogenní zdroj znečištění, nejčastěji odpadní vody z ČOV, kdy dojde ke zhoršení kvality vody kvůli menší ředící schopnosti toku.

### **2.1.8 Sloučeniny fosforu**

Stejně jako sloučeniny dusíku je fosfor důležitou součástí koloběhu přírodních látek v přírodě. Je nezbytný pro růst a rozvoj vyšších organismů a po odumření organismů se opět uvolňuje do prostředí (Langammer 2002). Fosforečnany jsou hlavní formou fosforu, která je dostupná pro organismy. Proto se využívají jako součást umělých hnojiv, díky čemuž se během srážko-odtokových událostí dostávají plošným splachem do toků. Dalším zdrojem fosforu jsou fekální odpady z osídlení a živočišné výroby. V neposlední řadě se fosfor může do toků dostat rozpouštěním hornin a minerálů, což může být pozorovatelné v pramenných oblastech. Také větší zastoupení rašelinišť způsobuje vyšší koncentrace fosforu (Rupp et al. 2004). Vzhledem k antropogennímu znečištění je ale tento podíl minimální (Pitter 2009). V přírodních oblastech, kde není výrazná lidská činnost, jsou tedy koncentrace fosforu většinou nízké. Například v povodí horní Rolavy na profilu Nové Hamry hodnoty celkového fosforu po celé sledované období 1995–2010 spadaly do I. třídy jakosti vody (Beranová 2011), což naznačuje absenci výraznějšího antropogenního ovlivnění toku.

Naopak antropogenní vliv na vyšší koncentrace fosforu byl odhalen v řadě různých studií. V méně antropogenně ovlivněných oblastech povodí Blanice v období 2006–2013 spadaly hodnoty celkového fosforu do II. jakostní třídy. Ke zhoršení došlo až na profilu nacházejícím

se pod obcí Zbytiny, kde hodnoty patřily až do III. jakostní třídy. Absolutně nejvyšší hodnota byla pravděpodobně způsobena antropogenním znečištěním vypouštěným z obce. Druhá nejvyšší hodnota pochází ze Sviňovického potoka a její příčinou je nejspíše přítomnost pastvy skotu v okolí potoka nebo osada Sviňovice nacházející se nedaleko prameniště (Altmann 2013). Ve studii zkoumající dlouhodobý vývoj znečištění vody od roku 1967 v povodí Berounky byl zjištěn trend snižování koncentrací fosforu. Během 70. let byly koncentrace fosforu nejvyšší a spadaly do IV. až V. třídy jakosti vody, ale od této doby došlo ke zlepšování její kvality. Od roku 1997 hodnoty fosforu náležely do II. a III. třídy jakosti vody. Wild (2019) vysvětluje zvýšené koncentrace fosforu tím, že v povodí dochází k výrazné zemědělské činnosti. Avšak toto nemusí být jedinou příčinou, jak ukázala studie během let 1991 až 2000 zabývající se důsledkem snížení používání hnojiv obsahující fosfor na kvalitu vody v sedmi Litevských řekách. Pro detekování dlouhodobých trendů byl využit Mann-Kendallův test, který prokázal signifikantní snížení koncentrací fosforu pouze u dvou ze sedmi sledovaných vodních toků. Tento fakt napovídá tomu, že na koncentraci fosforu ve vodním toku působí i jiné vlivy než jen používání hnojiv v zemědělství (Povilaitis 2006).

Množství fosforu ve vodním toku je také ovlivněno roční dobou. Obecně při vyšší teplotě vzduchu dochází k mineralizaci fosforu v půdě, což způsobuje snadnější přenos do vodního toku během srážkových událostí. V oblastech, kde změna klimatu způsobí zvýšení letních teplot vzduchu a transformaci zimních srážek převážně na dešťové srážky, se předpokládá i navýšení koncentrace fosforu ve vodním toku. Kromě srážko-odtokových událostí zvyšuje koncentrace fosforu i období tání sněhu (Bol et al. 2018). Změny koncentrací fosforu během ročních období si všimla i Kočárková (2016) v povodí horní Rolavy, kdy nejnižší koncentrace byly změřeny v letním období, což bylo pravděpodobně způsobeno nižšími průtoky.

### **2.1.9 Základní kationty**

Důležitým ukazatelem kvality vody jsou bazické ionty, mezi které patří vápník, sodík a draslík. Vápník a draslík jsou základní živiny pro rostliny, pomáhají udržovat úrodnost půdy a hrají důležitou roli v procesu okyselování půd a povrchových vod. Vápník, sodík a draslík se do vodního prostředí mohou dostávat různými způsoby. Jejich hlavním zdrojem je minerální zvětrávání podloží, ale na jejich uvolňování má zásadní vliv také složení atmosférické depozice (Ledesma et al. 2013). Antropogenním zapříčiněním se do toků dostávají splaškovými odpadními vodami. Draslík se do vod dostává kvůli používání

draselných hnojiv, sodík zase solením komunikací v zimním období. Vápník se do vodního prostředí může dostat při vápnění půd nebo vod, které se provádí kvůli odkyselení (Pitter 2009).

Koncentrace bazických iontů jsou závislé na mnoha faktorech. Jak už bylo zmíněno v části 2.1.3, velkou roli na vyplavování bazických kationtů do vodního toku hraje hodnota pH. Se snížením pH dochází k jednoduššímu uvolňování bazických iontů z prostředí, a tím pádem ke zvýšení jejich koncentrací ve vodním toku. Snížování pH nejčastěji souvisí s kyselými depozicemi dusíku a síry, které velmi ovlivnily životní prostředí během minulého století. Od 90. let došlo ke zpřísnění emisních limitů, které způsobilo opětovné zvýšení pH, což se projevilo také snížením koncentrací bazických iontů (Hruška et al. 2006, 2009). Snížení koncentrací bazických iontů se projevilo například v analýze horní části povodí Vltavy mezi roky 1960–2015, kdy byly až do 90. let měřeny vysoké koncentrace a během 90. let došlo k poklesu draslíku a vápníku v toku. Avšak koncentrace sodíku se pořád zvyšovaly, což je s největší pravděpodobností způsobeno intenzivním solením komunikací (Kopáček et al. 2017). Další antropogenní zapříčinění zvyšování koncentrací bazických iontů se projevilo při používání dusíkatých hnojiv, které měly za následek zvýšení koncentrací bazických iontů ve vodním toku. Tedy při zvýšení koncentrace dusíku ve vodním toku došlo k signifikantnímu nárůstu bazických iontů (Lucas et al. 2011).

Kromě závislosti na pH a dusičnanovém dusíku se u bazických iontů projevují i další korelace. Jednou z nich je souvislost s konduktivitou, protože samotná hodnota konduktivity je závislá na přítomnosti aniontů a kationtů. Tuto pozitivní korelaci pozorovali i Chuman et al. (2013) v rámci studie různých vlivů na chemismus povrchových vod během vegetačního období mezi lety 2007–2010 v Česku. V rámci zahraničních studií byla pozorována vysoká pozitivní korelace mezi bazickými ionty a konduktivitou při studiu řeky Ebro ve Španělsku po období 24 let (Bouza-Deaño et al. 2008).

Stejně jako u řady předešlých parametrů jakosti vody, vykazují bazické ionty závislost na průtoku. Na koncentracích bazických iontů se významně podílí ředící schopnost toku, je tedy možno pozorovat negativní korelaci s průtokem. Například ve studii boreálních povodí v severním Švédsku bylo pozorováno, že při vyšších průtocích dochází poklesu koncentrací sodíku a vápníku. Nejvíce byl tento trend pozorován u sodíku. Obecně nejsilnější ředící účinek byl zaznamenán v mokřadních oblastech, zatímco v lesních subpovodích byl pouze malý (Ledesma et al. 2013). Tím se částečně ukazuje, že záleží na přírodním prostředí, ze

kterého bazické ionty pocházejí. Pokud je v letním období při nižších průtocích vodní tok zásobován podzemní vodou bohatou na minerály, dochází ke zvýšení koncentrací bazických iontů, což se například ukázalo během léta ve studii čtyř toků ve Skotsku mezi lety 1985 až 1997 (Soulsby et al. 2001).

#### **2.1.10 Železo**

Do vodních toků se železo dostává rozpouštěním železných rud (např. pyritu, krevelu, magnetovce, limonitu, sideritu), které může být usnadňováno díky přítomnosti oxidu uhličitého. Kromě přirozené cesty se železo může do toku dostat i antropogenním znečištěním pomocí některých odpadních vod anebo koroze vodovodních potrubí. Přítomnost železa ovlivňuje barvu, chuť a zákal vody (Sýkora et al. 2016). U vod pocházejících z rašelinišť je typické zvýšené množství železa díky huminovým látkám, které ulehčují vyluhování železa z půd a sedimentů (Wade et al. 1999). Tento fakt byl pozorován například v horním toku Rolavy, kde byly zvýšené koncentrace železa (Beranová 2011). Také v povodí Blanice byly nejvyšší naměřené hodnoty v horní části toku, kde se vyskytují rašeliniště. Všechny hodnoty spadaly do I. nebo II. jakostní třídy a v podélném profilu hodnoty dále klesaly (Hryzáková 2008). Další kategorií krajinného pokryvu, která zvyšuje koncentrace železa, jsou jehličnaté lesy. Půda pod jehličnatým lesem bývá kyselejší, což zvyšuje mobilitu železa v půdě, čímž se pak snadněji dostane do vodního toku (Björnerås et al. 2017).

Koncentrace železa v toku jsou ovlivněny řadou dalších faktorů. Podobně jako u některých předešlých parametrů, má velikost průtoku vliv na množství železa v toku. Významné srážko-odtokové události způsobují vymývání látek z půdy, a tím pádem zvýšené koncentrace železa ve vodním toku. Björnerås et al. (2017) při studiu koncentrací železa ve více než 340 povodích různých toků v Evropě a v Severní Americe našli kromě souvislosti s velikostí průtoků spojitost změny koncentrací železa v závislosti na množství depozice  $\text{SO}_4$ . Snížení dostupnosti  $\text{SO}_4^{2-}$  způsobuje využití kationtu železa jako náhrady v různých sloučeninách, čímž se jeho koncentrace v toku zvyšuje. Další vliv na koncentrace železa může mít nárůst teploty vzduchu, která podporuje jeho snazší uvolňování. Studie toků v boreální oblasti ve východním Finsku odhalila signifikantní trend nárůstu teploty vzduchu a zároveň zvyšování koncentrací železa, a to i v oblastech, které nebyly z převážné většiny tvořeny rašeliništi (Sarkkola et al. 2013).

Kombinace snižování depozice síry a zvyšování teploty vzduchu se může projevit trendem zvyšování koncentrací železa v toku. Při studii dlouhodobých trendů koncentrací železa ve třech švédských tocích byl v období 1972–2013 doložen nárůst koncentrací železa. V řece Emån byl signifikantní nárůst ve všech měsících. V řece Lyckeby byl statisticky významný nárůst pro všechny měsíce kromě července, kdy největší nárůst byl od srpna do ledna. Na řece Ume byly trendy různorodé, nárůst koncentrací byl signifikantní v březnu, dubnu, říjnu a prosinci, zatímco signifikantní pokles byl zaznamenán v červnu (Ekström et al. 2016).

## ***2.2 Rašeliniště a jejich vliv na chemismus horských toků***

Oblast Krušných hor je typická náhorními plošinami v nadmořských výškách 700 až 1000 m n. m., kde jsou vyšší srážkové úhrny, a kde díky propustnému geologickému podloží dochází k zamokření či rašelinění. Obecně rašeliniště patří mezi bažinné ekosystémy, jež jsou trvale zamokřené dešťovou nebo pramenitou vodou a vyznačují se vysokou produkcí rostlinné biomasy, která se v rašeliništi hromadí. Odumřelé části rostlin se hromadí ve spodní části a za nepřítomnosti vzduchu se mění na rašelinu (Buriánek 2012). Biologické, fyzikální a chemické procesy probíhající v rašeliništích jsou přímo ovlivněné hydrologickými poměry, jež mají vliv na jejich vývoj, funkci a charakteristickou biogeochemii (Novák 2012).

Rašeliniště jsou velmi ovlivňována množstvím atmosférických srážek a s tím související velikostí průtoku. Čurda et al. (2011) na povodí Vydry na Šumavě ukázali, že vliv rašelinišť při srážko-odtokových událostech začíná být pozorován asi od 15 mm srážek během období sucha a asi od 20 mm srážek během maximálního nasycení. Vlček et al. (2012) pomocí měření hladiny podzemní vody zjistil, že rašeliniště generují vysoký odtok během plného nasycení. Při významných srážko-odtokových událostech nebo během tání sněhu tedy dochází k uvolňování organických látek z rašelinišť, což má za následek významnou změnu kvality vody.

Problematika vlivu rašelinišť na kvalitu vody už byla naznačena v rámci různých částí podkapitoly 2.1. Rašeliniště obecně velmi ovlivňují chemismus vod díky tomu, že jsou z velké části tvořeny přírodními organickými látkami. Výsledkem je přirozeně vyšší obsah organických kyselin společně s nízkou mineralizací, která se projevuje nižšími hodnotami pH (Kocum et al. 2016, Pitter 2009), což umožňuje snadnější vyplavování organických látek a kovů (Brown et al. 2000). Při nízkých hodnotách pH vysoké množství  $H^+$  soutěží s ionty

kovů o volná vazebná místa v rašeliništi, což způsobuje zvýšení koncentrace kovů ve vodě (Sader et al. 2011), například zvýšení koncentrací železa ve vodním toku. Vyšší přítomnost organických látek se projevuje kromě zvyšování koncentrací železa, také zvýšením koncentrací TOC, CHSK, dusičnanů anebo celkového fosforu (Marttila et al. 2018). Dusík se do rašelinišť dostává pomocí depozice z atmosféry nebo vázáním atmosférického dusíku pomocí mikrobů (Moore et al. 2004). Dále rašeliniště ovlivňují kvalitu vody tím, že při zvýšení teploty vzduchu uvolňují vázaný dusík.

Změny těchto parametrů mají svého stejného původce v rašeliništích, proto lze pozorovat silnou pozitivní korelaci TOC a železa (Sarkkola et al. 2013, Ekström et al. 2016). Koncentrace TOC jsou pak nepřímo úměrné hodnotě pH a kromě závislosti na pH vykazují jednoznačný sezónní trend související s evaporací a produkcí organické hmoty. Z toho plyne, že nižší hodnoty TOC se vyskytují v zimě a vyšší naopak v létě (Kocum et al. 2016).

Jak už bylo zmíněno výše, chemismus vod mající původ v rašeliništích je velmi ovlivněn velikostí průtoků. Avšak se změnou klimatu se na mnohých územích začala častěji vyskytovat výraznější období sucha, což může ovlivnit i rašeliniště. Worrall et al. (2006) zkoumal pomocí chemismu vod reakci rašelinišť na suchá období. Studie probíhala v menším horském povodí na severu Anglie. Jedním z výsledků bylo, že vliv výrazného sucha během suššího období se neomezuje jen na jedno léto, ale jeho následky mohou být pozorovány na chemismu toku i daleko delší období. Vliv výrazného sucha na chemismus vod trval nejméně jeden rok a nejvýše tři roky. Během suchého období se voda v rašeliništi zadržuje delší dobu, což má také vliv na chemismus vod. Obecným vlivem sucha na kvalitu vody se zabývá následující podkapitola.

### ***2.3 Vliv sucha na chemismus vod***

Díky klimatickým změnám dochází častěji k extrémním situacím, jako jsou dlouhá období sucha, která jsou spjata se změnou teplot vzduchu a rozložením srážek a také častějším výskytem minimálních průtoků (Macura et al. 2016). Dlouhé období beze srážek, které se střídá s přívalovými srážkami, ovlivňuje hydrologický cyklus tak, že se nejdříve vyskytují nízké průtoky a následně povodně (Tesař a Šír 2002). Vyšší teplota vody a změna extremity srážek včetně povodní a sucha zhoršují kvalitu vody, která je ovlivněna řadou forem, například sedimenty, živinami, rozpuštěným organickým uhlíkem, pesticidy, solemi a tepelným znečištěním. Vše může mít negativní účinek na ekosystémy, lidské zdraví a kvalitu celkového vodního systému (Bates et al. 2008, Macura et al. 2016). Za posledních 30–50 let

se na většině světových řek vyskytují častěji období hydrologického sucha ve srovnání s daty z minulého století (Hirabayashi et al. 2008), což koresponduje i s výsledky Vlacha (2019), který zkoumal hydrologické sucho v pramenných oblastech Krušných hor. Podle něj je i v této oblasti možné sledovat vliv globální změny klimatu na častější výskyt suchých období.

Sucho je však stále součástí přírodního klimatického a hydrologického režimu a může ovlivňovat kvalitu vod různými způsoby. Například během nižších průtoků dochází ke zvyšování teploty vody, což ovlivňuje rychlost procesů, jako je produktivita, respirace a reaerace (Mosley 2015). Vztah zvyšující se teploty vody a sucha byl signifikantně prokázán v řadě studií, např. Hrdinka et al. (2012) zkoumali vliv epizody sucha v roce 2003 na řece Skalici a zjistil, že se během suché etapy zvýšila teplota vody téměř o 2 °C oproti referenčnímu období 2001–2005. I v zahraničních studiích identifikovali vztah mezi teplotou vzduchu a vody během suchého období a zjistili, že navýšení teploty vody koreluje s vyššími teplotami vzduchu, což se projevilo například na řece Máze v Nizozemsku (van Vliet a Zwolsman 2008) nebo v řadě toků v polských nížinách (Zieliński et al. 2009). Na druhou stranu Wilbers et al. (2009) na řece Dommel v Nizozemsku neindikovali signifikantní nárůst teploty vody během sucha, což vysvětlují tím, že hlavním zdrojem vodnosti řeky v zájmovém povodí jsou hlubší podzemní zdroje.

Zvýšení koncentrací některých parametrů během nižších průtoků bylo odhaleno již v řadě studií zmíněných v podkapitole 2.1. Snížení průtoků během suchého období vede ke zvýšení hodnot pH, tento trend byl zaznamenán například na 23 tocích v horním povodí řeky Brazos v Texasu, v letech 2006 a 2007 (Valenti et al. 2011). Platí, že během nižších průtoků má tok sníženou ředící schopnost vody (Mosley 2015), což vede právě ke zvýšení koncentrací jednotlivých parametrů. U některých toků navíc dochází k vyššímu podílu zásobování podzemní vodou, která je často bohatší na ionty, což během suchého období vede ke zvyšování množství iontů v toku, které je způsobeno kombinací evapokoncentrace, již zmiňovanou menší ředící schopností toku a většími vstupy podzemní vody, který má větší salinitu (van Vliet a Zwolsman 2008, Hrdinka et al. 2012). Je nutné poznamenat, že pokud jsou hlavním zdrojem vodnosti řek neslané bodové zdroje a podzemní voda, nemusí být pozorován trend zvyšování přítomnosti iontů.

Trend koncentrací živin v tocích během období sucha se v řadě studií lišil. Pokud je hlavním zdrojem látek přírodní prostředí, během období sucha se přirozeně zmenší i jejich množství v toku. Například nižší hodnoty dusíku a fosforu jsou způsobeny nedostatkem vstupů

do toku pomocí podzemní vody a půdní vody (Ziellnski et al. 2009), ale také zvyšující schopností retence vodními řasami a makrofyty ve směru toku a zvýšením denitrifikace kvůli delšímu časovému pobytu vody (van Vliet a Zwolsman 2008). Na české řece Skalici během období sucha v roce 2003 došlo ke snížení koncentrací dusičnanů téměř na polovinu oproti referenčnímu období 2001–2005, což naznačuje absenci bodového zdroje znečištění. Kvůli nižším průtokům se snížilo i množství suspendovaných látek (o 62 %) a kovů (Hrdinka et al. 2012). Snížení koncentrací dusičnanů během nižších průtoků bylo pozorováno i na řece Máze během dvou suchých let 1976 a 2003, což bylo vysvětleno snížením přísunu půdní a podzemní vody do povodí během období sucha (van Vliet a Zwolsman 2008).

Oproti tomu zvyšující se koncentrace živin během suchých epizod jsou pozorovány u toků, kde se vyskytují bodové zdroje znečištění (například průmyslové nebo komunální zdroje, splachy ze zemědělských oblastí) a kde kvůli menším průtokům není možné takové ředění (Hrdinka et al. 2012, van Vliet a Zwolsman 2008). V českém prostředí byl tento trend pozorován na řece Skalici v roce 2003, kdy došlo ke zvýšení koncentrací rozpuštěných látek (o 16 %) a fosfátů (o 45 %). Bohužel vliv sucha na kvalitu vody v českých tocích není zatím dostatečně prozkoumán, a tedy Hrdinka et al. (2012) často své výsledky srovnával s většími zahraničními toky. Odkazoval například na studii van Vlieta a Zwolsmana (2008) na řece Máze, kteří pozorovali vliv sucha na koncentrace sloučenin dusíku. Identifikovali signifikantní nárůst koncentrace amoniaku, což bylo pravděpodobně způsobeno původem znečištění pocházejícího z bodového zdroje, například z čistírny odpadních vod a zmiňovanou nižší ředící schopností toku. Kromě toho může mít dále sucho vliv na zvýšení uvolňování amoniaku ze sedimentů, což přispívá k ještě vyšším koncentracím v toku.

Kvalitu vody během suchého období může také ovlivňovat přítomnost rašelinišť, které mají obecně zásadní vliv na jakost povrchových vod. Studie projevů simulovaného sucha na kvalitu vody v šesti rašeliništích v Ontariu ukazuje, že pokud jsou v povodí přítomna rašeliniště, dochází ke snížení hodnot pH, což má souvislost s vyšší acidifikací kvůli nárůstu hodnot dusičnanového dusíku během nízkých průtoků. Zvýšení okyselení prostředí se projevilo navíc zvýšením koncentrací vápníku. Kromě toho mohou poklesnout i koncentrace rozpuštěného organického uhlíku (Juckers a Watmough 2014).



### 3 Metody a zdroje dat

#### 3.1 Zdroje dat

Pro účely této diplomové práce byla využita data získaná ze státního podniku Povodí Ohře, který poskytl datové řady pro jakostní profily na tocích Svatava (1020), Rolava (1574) a Načetínský potok (1268). Pro srovnání byla získána data ze Saského zemského úřadu pro životní prostředí, zemědělství a geologii (LFULG), kde jsou na internetových stránkách volně ke stažení data o průtocích a kvalitě vody v Sasku. Byly zvoleny profily Klingenthal (OBF46900) na Svatavě a Rothenthal (OBF37500) na Načetínském potoce. Podrobnější informace o jednotlivých profilech jsou zobrazeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Přehled kontrolních profilů povrchových vod

profil (vodní tok)	stát, číslo profilu	souřadnice N	souřadnice E	začátek datové řady	konec datové řady
Klingenthal (Svatava)	Německo, OBF46900	50°21.09448'	12°28.48787'	21. 1. 1993	31. 7. 2019
Kraslice hranice (Svatava)	Česko, 1020	50°20.76167'	12°29.14333'	4. 2. 1985	14.11. 2018
pod Novými Hamry (Rolava)	Česko, 1574	50°20.74285'	12°42.58247'	6. 12. 1994	6. 12. 2017
Rothenthal (Načetínský potok)	Německo, OBF37500	50°37.13667'	13°21.58333'	12. 1. 1993	21. 8. 2019
Načetínský potok – hranice	Česko, 1268	50°37.13667'	13°21.58333'	7. 8. 1991	6. 12. 2018

(zdroje dat: LFULG, Povodí Ohře)

Délka časových řad se u jednotlivých profilů značně lišila, až na data z německých stanic, která byla k dispozici za stejné období od roku 1993 až po 2019. Nejdelší dostupná časová řada je k dispozici pro české odběry ze stanice Kraslice hranice. Nejkratší časová řada je dostupná pro Rolavu (1995–2017), kdy většina parametrů je dostupná dokonce pouze do roku 2011. Pro roky 2012, 2014 a 2016 data chybí úplně a pro roky 2013, 2015 a 2017 jsou dostupné pouze hodnoty BSK<sub>5</sub> a teplota vody. Hodnoty teploty vody začínají až v roce 2003. V německé datové řadě z profilu Rothenthal chybí rok 2005. Pro účely této práce byly

konečné parametry vybrány podle délky časové řady a podle toho, jestli byl parametr v dostatečné kvalitě dostupný u všech sledovaných profilů. Tato diplomová práce analyzuje následující parametry: teplota vody, pH, konduktivita, BSK<sub>5</sub>, CHSK, TOC, dusičnanový dusík, celkový fosfor, fosforečnany, sodík, draslík, vápník a železo. Pro profily na Svatavě a Načetínském potoce bylo k hodnocení zvoleno období 1993–2018, v profilu Kraslice hranice byla v některých případech hodnocena data už od roku 1985. Na Rolavě jsou analyzována data pro kratší období, a to pro 1995–2011, kromě parametrů BSK<sub>5</sub> a teploty vody, které byly zkoumány až do roku 2017.

Stanice Klingenthal se nachází na toku Svatavy na okraji stejnojmenné obce a české odběrné místo je vzdálené přibližně jeden kilometr od této stanice po směru toku. Mezi těmito stanicemi se nachází ČOV pro obec Klingenthal, jež pravděpodobně ovlivňuje kvalitu povrchových vod v českém odběrném místě (obrázek 1). České i německé odběry kvality povrchových vod byly na Načetínském potoce prováděny na stejné odběrné lokalitě, a to v blízkosti limnigrafu Rothenthal (obrázek 2). Protože Rolava není hraničním tokem, nemůže dojít k jejímu srovnání s příslušnými německými daty. Limnigraf Nové Hamry se nachází o necelé dva kilometry proti proudu toku než odběrové místo pod Novými Hamry, které je zobrazeno na obrázku 3, ale mezi těmito dvěma profily se nenachází žádný výrazný přítok, který by měl významně ovlivnit velikost průtoku nebo kvalitu vody.



Obrázek 1: Odběrné místo Svatava – hranice, říční km 27,6 (foto: Povodí Ohře)



Obrázek 2: Odběrné místo Načetínský potok – hranice, říční km 4,4 (foto: Povodí Ohře)



Obrázek 3: Místo odběru Rolava pod Novými Hamry, říční km 18,3 (foto: Povodí Ohře)

Hydrologická data denních průtoků byla získána od LFULF (profily Rothenthal a Klingenthal) a od ČHMÚ (profil Nové Hamry). Datová řada profilu Nové Hamry začíná až v roce 2005 a některé hodnoty chyběly, proto muselo dojít k dopočítání průtoků chybějícího období. K tomu byla využita stanice Chaloupky, která se nachází nad měrným profilem Nové Hamry na toku Rolava. Pomocí lineární regrese byl určen přepočítávací vzorec, díky kterému byly vypočteny chybějící průtoky z průtoků v profilu Chaloupky pro období 1995 až 2005 a pro některá kratší chybějící časová období mezi lety 2005–2018. Přehled sledovaných limnigrafických stanic je uveden v tabulce 2.

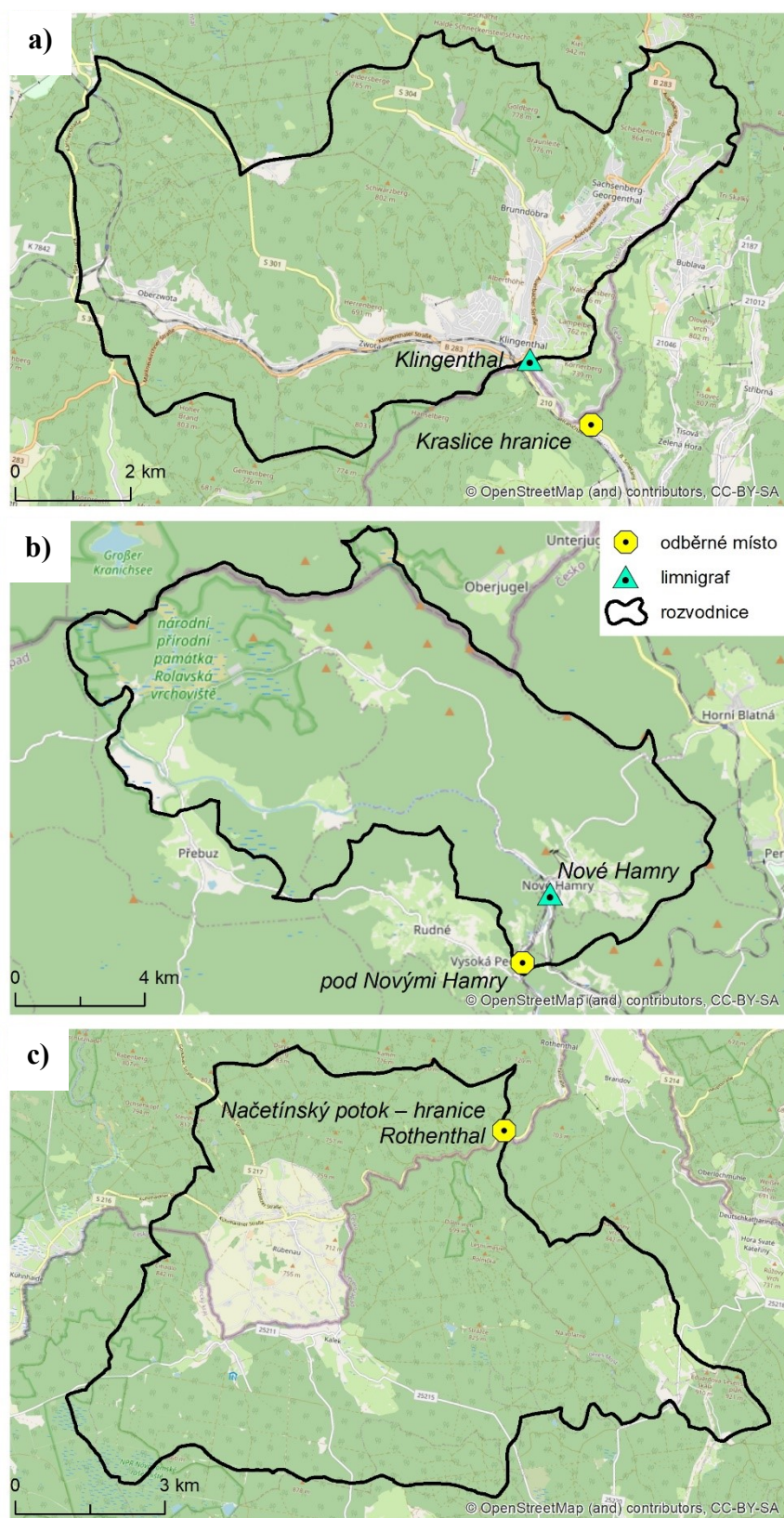
Tabulka 2: Přehled použitých limnigrafických stanic

limnigraf (vodní tok)	instituce, číslo profilu	elevace (m n. m.)	souřadnice N	souřadnice E	dostupné období
Klingenthal (Svatava)	LFULF OBF46900	548	50°21.09448'	12°28.48787'	1961–1969 1971–2020
Nové Hamry (Rolava)	ČHMÚ 1754	696	50°21.57652'	12°43.12288'	2005–2020
Rothenthal (Načetínský p.)	LFULF OBF37500	557	50°37.13667'	13°21.58333'	1929–2020

(zdroje dat: LFULG, Povodí Ohře)

Přesná pozice odběrových míst a limnigrafických stanic je zobrazena v obecných fyzicko-geografických mapách na obrázku 4, celkový přehled a vzájemná poloha povodí je znázorněna na obrázku 5 v kapitole 4. Odběrová místa kvality vody na Načetínském potoce se shodují s limnigrafem Rothenthal, je v mapě kvůli lepší přehlednosti uvedena jen poloha limnigrafu nebo odběrového místa. Stejně tak profil Klingenthal je limnigrafem a zároveň místem monitoringu kvality vody.





Obrázek 4: Obecné fyzicko-geografické mapy zájmových povodí (a) povodí Svatavy, b) povodí Rolavy, c) povodí Načetínského potoka) (zdroje vstupních dat: LFULG, VÚV T. G. M., OpenStreetMap Contributors ©)

### **3.2 Mapové podklady a použitý software**

Všechny podklady pro fyzicko-geografickou charakteristiku zájmových povodí jsou získány z českých nebo mezinárodních zdrojů. Pedologická mapa byla vytvořena na základě vektorizace, kterou provedl Vlach (2019) ve své diplomové práci. Došlo k doplnění části povodí Rolavy na základě půdní mapy WMS poskytované Českou geologickou službou (ČGS). Pro českou část povodí byla topografická data získána z ArcČR 500, verze 3.3, vrstvy týkající se vodních toků byly staženy ze stránek VÚV T. G. M. Data krajinného pokryvu pro roky 1990 a 2018 byla získána z mezinárodní databáze CORINE Land Cover pod záštitou EEA.

Mapové výstupy a prostorové analýzy byly vytvořeny v programu ArcGIS 10.6.1. V prostředí Microsoft Office 365 proběhla základní analýza parametrů a byly v něm vytvořeny grafy a tabulky. Detekce měsíčních a ročních trendů chemismu vod byl proveden pomocí nástavby MULTMK/PARTMK pro MS–Excel (Libiseller 2004, Libiseller, Grimvall 2002). Pro zjištění korelace a vytvoření PCA analýzy byl využit statistický program R 3.6.3.

### **3.3 Použité analytické nástroje**

V této práci jsou hodnoceny chemické ukazatele jakosti povrchové vody z různých hledisek. Nejříve byl analyzován časový vývoj v rámci sledovaného období, dále byly parametry zařazeny do jednotlivých tříd jakosti vody podle ČSN 75 7221. Základní analýza dat proběhla pomocí krabicového grafu za celé sledované období. Kromě toho jsou analyzovány parametry během nižších průtoků než  $Q_{355}$ . Vzájemná korelace jednotlivých parametrů byla zkoumána pomocí Pearsonova korelačního koeficientu. Dále bylo sledováno chování jednotlivých parametrů v rámci ročních dob. V neposlední řadě jsou hodnoceny trendy jednotlivých parametrů pomocí Mann-Kendallova testu.

#### **3.3.1 Hodnocení jakosti povrchových vod**

K hodnocení kvality povrchových vod byla použita norma ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod (2017) původně vypracovaná v roce 1998. U většiny parametrů nebylo k dispozici dvanáct měření za rok, z tohoto důvodu je v této práci použit aritmetický průměr, pokud proběhly alespoň čtyři měření za rok. Jedná se tedy o orientační zařazení do jedné z pěti tříd jakosti vody, které jsou barevně odlišený podle míry znečištění:

- I. třída – neznečištěná voda (světle modrá)

- II. třída – mírně znečištěná voda (tmavě modrá)
- III. třída – znečištěná voda (zelená)
- IV. třída – silně znečištěná voda (žlutá)
- V. třída – velmi silně znečištěná voda (červená)

### 3.3.2 Vyhodnocení variability parametrů a vzájemné vztahy

Základní analýza hodnot fyzikálně-chemických parametrů pro všechny profily proběhla v prostředí MS–Excel. Pro všechny parametry ve všech profilech byly vypočteny základní charakteristiky – aritmetický průměr, maxima, minima, 1. a 3. kvartil a mediány. V práci jsou tyto výsledky zobrazeny pomocí krabicových grafů, tzv. boxplotů, kdy jeden graf zobrazuje charakteristiku jednoho parametru ve všech profilech. Závislost na roční době, byla sledována podle vypočtených hodnot aritmetického průměru za jednotlivé klimatické roční období. Hodnota  $Q_{355}$ , která určuje hranici hydrologického sucha pro daný tok, byla pro každý limnigraf vypočtena z celého sledovaného období. Pravděpodobnost překročení tohoto průtoku je 97,19 %, neboli tento průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen ve 355 dnech v rámci jednoho roku.

Pro určení vzájemné závislosti jednotlivých chemických parametrů i průtoku byl vypočítán Pearsonův korelační koeficient v programu R 3.6.3. Na základě tohoto výsledku byly u parametrů se silnou korelací vytvořeny grafy zobrazující metodu lineární regrese, která vizualizuje lineární závislost dvou různých parametrů. Metody výpočtu Pearsonova korelačního koeficientu a lineární regrese jsou blíže popsány ve Wilks (2019).

### 3.3.3 Analýza hlavních komponent

Pro komplexní posouzení podobnosti jednotlivých zájmových povodí byla použita technika analýzy hlavních komponent (PCA), která extrahuje vlastní čísla a vlastní vektory z kovarianční matice původních proměnných. Hlavní komponenty jsou nekorelované (ortogonální) proměnné, které jsou získány kombinováním původních korelovaných proměnných s vlastními vektory. Hlavní komponenty jsou tedy vážené lineární kombinace původních proměnných a poskytují informace o nejvýznamnějších parametrech, které popisují celou datovou sadu s minimální ztrátou původní informace (Singh et al. 2004). Detailní popis celé analýzy je popsán ve Wilks (2019). PCA analýza byla vytvořena jen pro parametry s kompletní datovou řadou, protože neakceptuje chybějící data. Z dostupných datasetů musely být odstraněny parametry, které mají výrazně kratší časovou

řadu. Při vzájemném porovnání profilů musel být vyřazen profil Rolava, protože jeho datová řada je oproti zbylým profilům nesourodá, tedy v zájmu zachování co největšího množství informací pro kvalitní prozkoumání nebyl zařazen do této analýzy. Data musela být standardizována, kvůli různým jednotkám. Ve svých pracích využili PCA analýzu například Soulsby et al. (2001), Worrall et al. (2006), Bouza-Deaño et al. (2008) a Ledesma et al. (2013).

### 3.3.4 Testování trendů časových řad

Analýza trendů dat byla provedena pomocí metody Mann-Kendallova neparametrického testu (Mann 1945, Kendall 1975, Libiseller 2004, Libiseller Grimvall 2002), který slouží k detekci sezónního a ročního trendu.

Test využívá dvou důležitých parametrů. První z nich je míra signifikance (p-hodnota) vyjadřující sílu testu a druhá je odhad velikosti směrnice (MK – statistika), která vypovídá o směru a velikosti trendu. Nulová hypotéza testu předpokládá nezávislost pozorovaných dat a jejich rovnoměrnou distribuci v souboru, naopak alternativní hypotézou je výskyt monotónního trendu. Pokud hodnota MK – statistiky vyjde záporná, trend je klesající, zatímco pokud je hodnota kladná, trend je rostoucí. K výpočtu se používá vzorec (Mann 1945, Kendall 1975):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_i), \operatorname{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1, & x_j - x_i > 0 \\ 0, & x_j - x_i = 0 \\ -1, & x_j - x_i < 0 \end{cases},$$

kde  $n$  představuje délku řady a  $x_i$  a  $x_j$  jsou dvě po sobě jdoucí hodnoty. V této práci jsou všechny trendy určovány na hladině 5% spolehlivosti. Mann-Kendallův test je v poslední době často používanou metodou v hydrologii i klimatologii. Jedním z důvodů je, že tato analýza může pracovat i s nekompletními datovými řadami. Ve svých studiích ho využili například Povilaitis (2006), Oulehle, Hruška (2009), Matoušková et al. (2011), Ekström et al. (2016), Björnerås et al. (2017).



## 4 Vymezení a charakteristika zájmového území

Pro účely této práce byla vybrána povodí horní Svatavy, horní Rolavy a Načetínského potoka nacházejících se v Krušných horách. V této části práce jsou charakterizovány fyzicko-geografické poměry zájmových povodí. Všechna tři povodí jsou horská povodí menšího rozsahu, která se nacházejí na pohraničním území Česka a Německa. Podobná velikost a umístění povodí je jeden z faktorů, proč byla vybrána právě tato tři zájmová území. Dalším důvodem je délka a dostupnost časových řad, která je pro všechna povodí přibližně stejná.

Zájmová povodí byla předmětem již jiných studií bakalářských a diplomových prací, proto jsou zde uvedeny pouze základní charakteristiky. Povodí horní Svatavy a Načetínského potoka se věnovala Navrátilová (2018) ve své bakalářské práci, která analyzovala dlouhodobé trendy hydroklimatických faktorů. Celému povodí Rolavy se věnovali Ledvinka (2008), který zde zkoumal trendy srážko-odtokového režimu, a Beranová (2011), jež hodnotila ekologický stav celého povodí. Horní část povodí Rolavy sledovali Kočárková (2016), která řešila změny biogeochemismu, Vlach (2016), jenž analyzoval extrémní hydrologické jevy, a Špringerová (2019), jež hodnotila změny koncentrací organického uhlíku.

Horní části povodí Svatavy a Rolavy se nacházejí poměrně blízko sebe. Téměř celá část zájmového území Svatavy se rozkládá na území spolkové země Sasko v Německu, na území Česka administrativně spadá do okresu Sokolov v Karlovarském kraji. Zatímco horní část povodí Rolavy se rozprostírá na hranici okresů Karlovy Vary a Sokolov, taktéž v Karlovarském kraji, a jen malý výběžek v severozápadní části zasahuje na území Německa. Oba toky jsou orientované jihovýchodním směrem a tvoří levostranné přítoky Ohře. Svatava se vlévá do Ohře v Sokolově a Rolava v Karlových Varech (obrázek 5).

Povodí Načetínského potoka je vzdáleno přibližně 50 km severovýchodním směrem od zbylých dvou povodí. Tento tok tvoří téměř 15 km dlouhou státní hranici mezi Českem a Německem. Na území Česka administrativně patří do okresů Most a Chomutov v Ústeckém kraji a na území Německa spadá stejně jako dva předešlé toky do Saska. Na rozdíl od Rolavy a Svatavy Načetínský potok teče severovýchodním směrem, kde na území Německa v městě Grünthal tvoří levostranný přítok řeky Flöhy. Řeka Flöha spadá do povodí řeky Mulde, která ústí do Labe u města Dessau-Roßlau ve spolkové zemi Sasko-Anhaltsko.



Obrázek 5: Orientační mapa zájmových povodí (zdroje dat: ARCDATA PRAHA, LFULG, VÚV T. G. M.)

#### 4.1 Základní informace o povodích a výškové poměry

Tabulka 3 zobrazuje hydrografické charakteristiky, z nichž je viditelné, že všechna tři zájmová povodí mají podobnou rozlohu a délku rozvodnice. Ačkoliv je povodí Načetínského potoka větší oproti zbylým dvěma povodí téměř o 20 km<sup>2</sup>, délka rozvodnice se liší jen přibližně o 5 km, což naznačuje odlišný tvar povodí. Nejdelší skutečná i přímková délka toku náleží Rolavě, která zároveň zaujímá plochu druhého největšího povodí. Nejmenší hodnoty plochy povodí, délky rozvodnice i toku patří Svatavě.

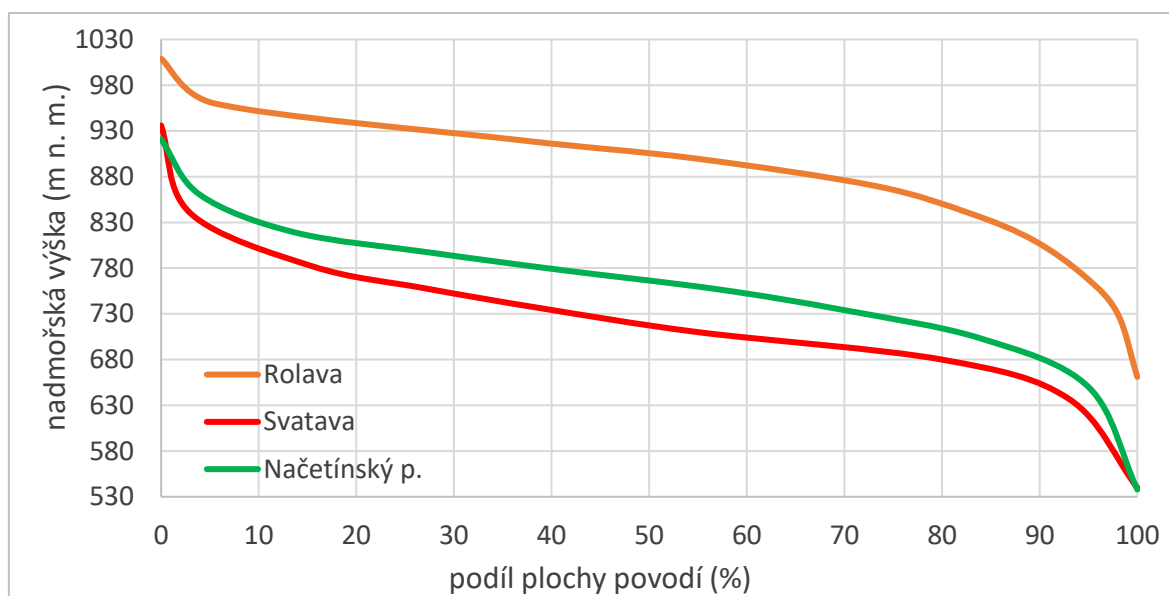
Zájmové části povodí Svatavy a Načetínského potoka se vyskytují v podobné nadmořské výšce, v rozmezí hodnot 548–936 m n. m. u Svatavy a 557–921 m n. m. u Načetínského potoka. Povodí Rolavy se rozkládá v nadmořské výšce zhruba o sto metrů vyšší, ale dosahuje nejmenšího převýšení povodí. To je největší v povodí Svatavy, kde je zároveň i nejvyšší průměrný sklon povodí, ale nejmenší průměrný sklon toku. Největší sklon toku se vyskytuje u Načetínského potoka. Poloha měrných profilů ovlivnila samotnou velikost plochy povodí

a zároveň s tím související převýšení jednotlivých povodí. Vizuální znázornění výškových poměrů v jednotlivých zájmových povodích je zobrazeno pomocí mapy nadmořských výšek (obrázek 7) a hypsografické křivky (obrázek 6). Již na první pohled je znatelné, že se povodí Rolavy rozprostírá ve vyšší nadmořské výšce, kdy skoro 60 % plochy povodí je ve vyšší nadmořské výšce než 900 m n. m., zatímco zbylá dvě povodí dosahují této nadmořské výšky jen z necelých 5 %. Nadmořská výška povodí Svatavy a Načetínského potoka se na středním toku liší přibližně o 50 m.

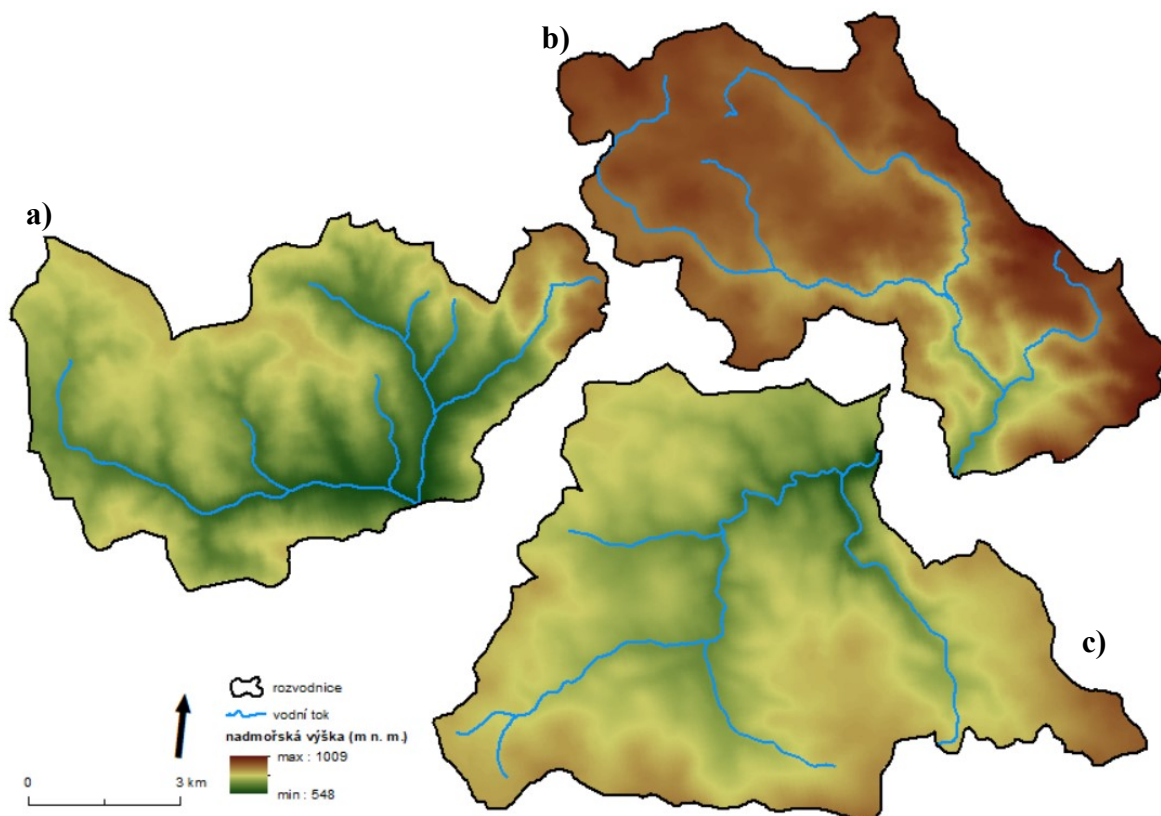
Tabulka 3: Základní hydrografické údaje zájmových povodí

	Svatava	Rolava	Načetínský potok
<i>plocha povodí (km<sup>2</sup>)</i>	53,91	55,67	73,68
<i>délka rozvodnice (km)</i>	39,76	42,44	46,28
<i>skutečná délka toku (km)</i>	9,58	16,32	13,75
<i>přímková délka toku (km)</i>	7,48	9,82	9,76
<i>nejvyšší bod povodí (m n. m.)</i>	936	1009	921
<i>nejnižší bod povodí (m n. m.)</i>	548	661	557
<i>nejvyšší bod toku (m n. m.)</i>	689	927	821
<i>nejnižší bod toku (m n. m.)</i>	548	661	557
<i>převýšení povodí (m)</i>	378	348	361
<i>průměrný sklon povodí (‰)</i>	51,5	46,6	42,1
<i>průměrný sklon toku (‰)</i>	14,7	16,3	19,2

(zdroje dat: VÚV T. G. M., LFULG, EEA)



Obrázek 6: Hypsografické křivky zájmových povodí (Vlach 2019, upraveno)



Obrázek 7: Nadmořská výška zájmových území (a) povodí Svatavy, b) povodí Rolavy, c) povodí Načetínského potoka) (zdroj vstupních dat: EEA)

#### 4.2 Geologické a geomorfologické poměry

Všechna tři zájmová území náleží v rámci geologického členění Německa i Česka do Českého masivu, konkrétněji do severozápadní části saxothuringikum, kam spadají celé Krušné hory. Podloží zájmového území horního toku Svatavy je tvořeno především fylity, svory a granity, což jsou horniny charakteristické pro krušnohorské krystalinikum (Demek, Maskovčín et al. 2006). Ačkoliv se horní část povodí Rolavy nachází nedaleko od horního povodí Svatavy, jeho geologická stavba je velmi odlišná. Téměř celé území je tvořeno karlovarským plutonem, který obsahuje hlavně variský granitoid a porfyrický granit, jenž je nazýván horská žula. V puklinách tohoto masivu se nacházejí ložiska cínových rud. Už od 14. století v této oblasti začalo rýžování cínovce a od 16. století zde probíhala významná těžba železné rudy (Ústav pro hospodářskou úpravu lesů 1999, dále jen ÚHUL). Těžba byla většinou ukončena v 2. polovině 19. století, ale na některých místech došlo ke krátkému obnovení v 60. letech 20. století. Ložiska cínu se nacházejí i na jiných místech Krušných hor nejen v oblasti karlovarského plutonu (Beranová 2011, ÚHUL 1999). V povodí Načetínského potoka jsou dominantní starohorní až prvohorní ortoruly. Zajímavou částí geologické stavby v této oblasti je rozsáhlý bazaltový příkrov nacházející se jižně

od Brandova, který je pozůstatkem třetihorní vulkanické činnosti (Demek, Mackovčín et al. 2006).

Z hlediska morfologické typologie reliéfu Česka náleží zájmová povodí do dvou kategorií. Do třídy vyšších hornatin s nízkým výškovým rozpětím spadají vyšší polohy povodí Načetínského potoka a celé povodí horní Rolavy. Do třídy vyšších hornatin s větším rozpětím výšek naopak náleží nižší polohy Načetínského potoka a celé horní povodí Svatavy (Balatka, Kalvoda 2006). V rámci geomorfologického členění Česka, zobrazeného v tabulce 4, sdílejí všechna tři povodí stejné kategorie až po celek Krušné hory. Načetínský potok, který se nachází ve větší vzdálenosti od zbylých dvou zájmových povodí, spadá do podcelku Loučenská hornatina, zatímco zájmové části povodí Svatavy a Rolavy jsou součástí podcelku Klínovecká hornatina (Demek, Mackovčín et al. 2006).

Tabulka 4: Geomorfologické členění zájmových území

<b>povodí</b>	<b>Načetínský potok</b>	<b>Svatava</b>	<b>Rolava</b>
<i>system</i>	Hercynský		
<i>provincie</i>	Česká vysočina		
<i>subprovincie</i>	Krušnohorská soustava		
<i>oblast</i>	Krušnohorská hornatina		
<i>celek</i>	Krušné hory		
<i>podcelek</i>	Loučenská hornatina	Klínovecká hornatina	
<i>okrsek</i>	Rudolická hornatina	Jindřichovická vrchovina	Přebuzská hornatina

Zdroj: Demek, Mackončín et al. (2006)

V rámci okrsků spadá horní část povodí Svatavy do Jindřichovické vrchoviny rozkládající se v jihozápadní části Krušných hor. Celá tato kerná vrchovina je rozčleněná hlubokými údolními toků, mezi něž patří právě i Svatava a její přítoky. Rozvodní hřbety tvoří menší erozně denudační plošiny (Demek, Mackončín et al. 2006). Nejvyšším bodem Jindřichovické vrchoviny a zároveň i zájmové části povodí Svatavy je Kamenáč (936 m n. m.). Horní část povodí řeky Rolavy spadá do okrsku Přebuzské hornatiny, který je typickou kernou hornatinou, kdy se ve vrcholové části vyskytují rozsáhlé zbytky zarovnaných povrchů (Demek, Mackončín et al. 2006). Nejvyšší bod daného okrsku a zároveň nejvyšší vrchol zájmového povodí Rolavy je Zaječí hora (1009 m n. m.). Další z významných vrcholů Přebuzské hornatiny je Bažiňák (964,6 m n. m.), též známý jako Jeřábí vrch, v jehož těsné blízkosti pramení řeka Rolava a zároveň se zde rozkládá Národní přírodní rezervace Rolavská vrchoviště (obrázek 8). Povodí Načetínského potoka leží

v okrsku Rudolické hornatiny, která je tvořena strukturně denudačními plošinami a hřbety. Celý okrsek je na rozdíl od dvou předešlých okrsků svažujících se na jihozápad ukloněn směrem na sever a severozápad, z tohoto důvodu velkou část povodí Načetínského potoka tvoří návětrná strana. Nejvyšším vrcholem sledované části povodí je Lesenská pláň (921 m n. m.).



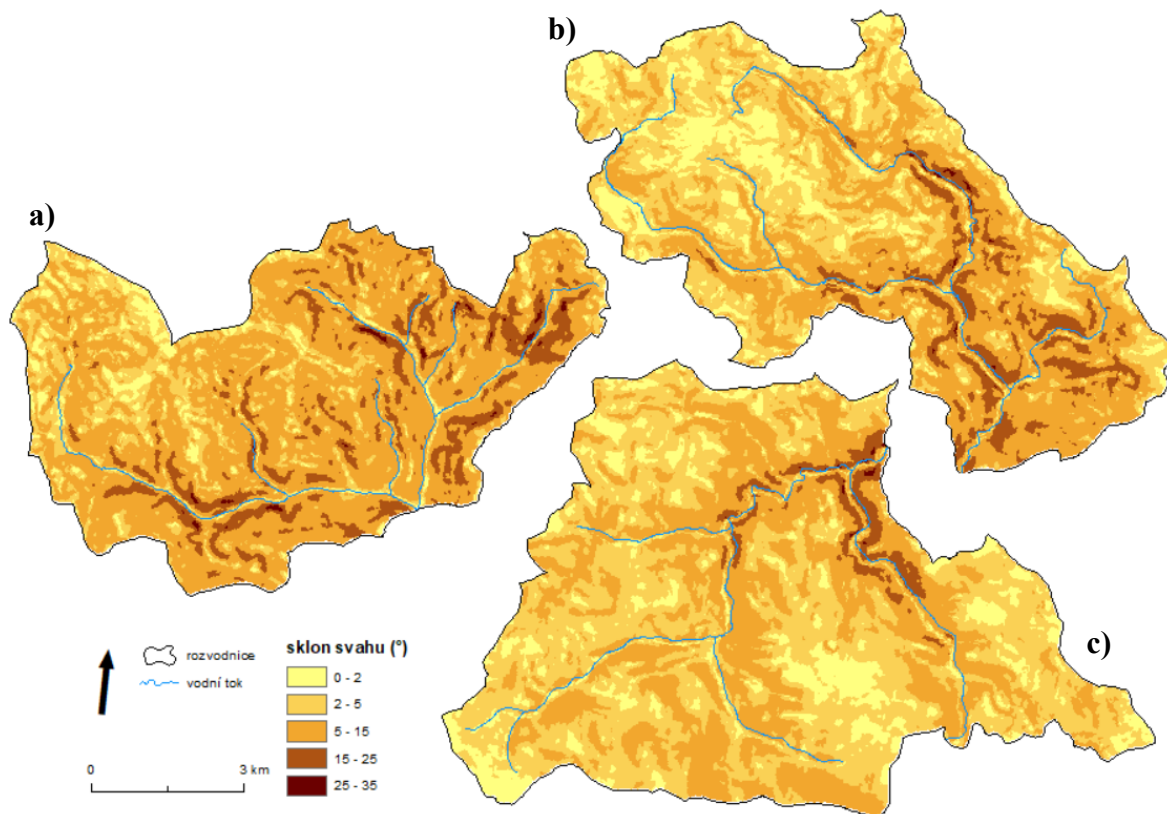
Obrázek 8: Řeka Rolava protékající NPR Rolavská vrchoviště (foto: Ferenc 2017)

Na první pohled je největší podíl příkrých sklonitých ploch v zájmové části povodí Svatavy. Toky řek vyřezávají strmá údolí rovnoměrně na území celého povodí. V porovnání se dvěma zbylými povodími se rovinaté nebo mírně ukloněné plochy, až na severozápadní oblast, téměř nevyskytují. Naopak zájmová část povodí Rolavy je v horní části toku spíše rovinatá až mírně zvlněná a větší sklon se vyskytuje spíše v údolí Slatinného potoka, v blízkosti jeho ústí do Rolavy a dále v jihovýchodní části povodí. V této části je povodí Rolavy sklonitostně podobné povodí horní Svatavy. V povodí Načetínského potoka, stejně jako v povodí Rolavy, jsou vrcholové části území spíše rovinatého charakteru. Velmi příkré svahy se v povodí Načetínského potoka vyskytují pouze ve dvou údolích v dolní části toku (obrázek 9).

Na obrázku 10, který vyjadřuje orientaci svahů zájmových povodí, jsou dobře viditelná údolí tvořená toky. Jak už bylo zmiňováno výše zájmové části povodí Svatavy a Rolavy tvoří toky tekoucí v jihovýchodním směru, čemuž odpovídá fakt, že jsou v těchto povodích relativně nejvíce zastoupené jižní a jihozápadní svahy, naopak nejmenší podíl mají svahy severozápadní, severní a západní. Naopak tok Načetínského potoka směřuje na severovýchod, což má za důsledek, že zde převládají svahy s orientací na severozápad,



severovýchod a sever. Naopak nejmenší zastoupení mají svahy orientované na jihovýchod, východ a jih. Přesný přehled orientací svahů a jejich zastoupení je zobrazen v tabulce 5.

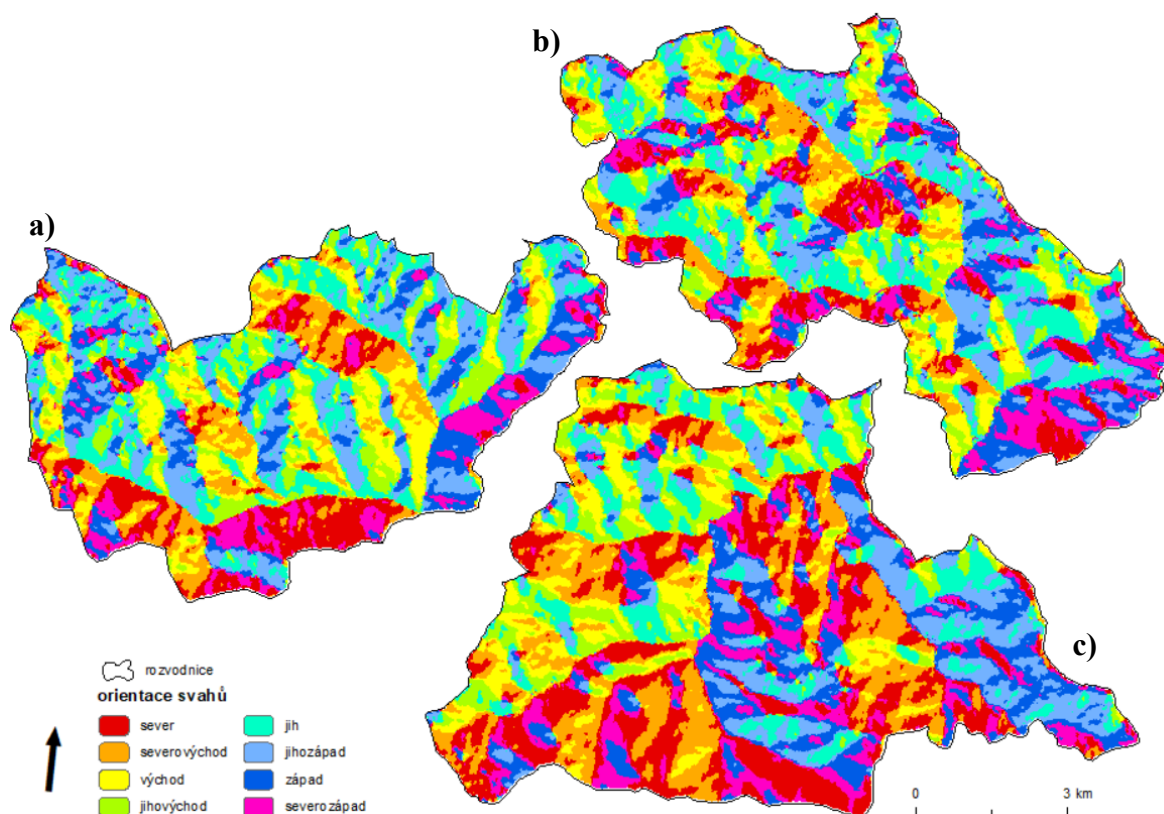


Obrázek 9: Sklonitostní poměry zájmových povodí (a) povodí Svatavy, b) povodí Rolavy, c) povodí Načetínského potoka) (zdroj vstupních dat: EEA)

Tabulka 5: Orientace svahů a jejich podíly na rozloze povodí

	Svatava		Rolava		Načetínský potok	
	plocha (km <sup>2</sup> )	podíl (%)	plocha (km <sup>2</sup> )	podíl (%)	plocha (km <sup>2</sup> )	podíl (%)
<i>sever</i>	5,71	10,59	5,84	10,48	11,88	<b>16,12</b>
<i>severovýchod</i>	5,94	11,02	6,07	10,90	12,55	<b>17,03</b>
<i>východ</i>	7,10	13,17	6,71	12,06	7,63	10,35
<i>jihovýchod</i>	6,80	12,61	6,32	11,35	6,74	9,14
<i>jih</i>	8,21	<b>15,22</b>	9,65	<b>17,33</b>	7,73	10,50
<i>jihozápad</i>	8,98	<b>16,66</b>	8,93	<b>16,04</b>	8,80	11,95
<i>západ</i>	6,42	11,90	6,49	11,65	8,78	11,92
<i>severozápad</i>	4,75	8,81	5,68	10,19	9,56	<b>19,98</b>
<i>bez orientace</i>	<0,01	<0,01	–	–	0,01	0,01
<i>celkem</i>	<b>53,91</b>	<b>100</b>	<b>55,67</b>	<b>100</b>	<b>73,68</b>	<b>100</b>

(Vlach 2019, upraveno)



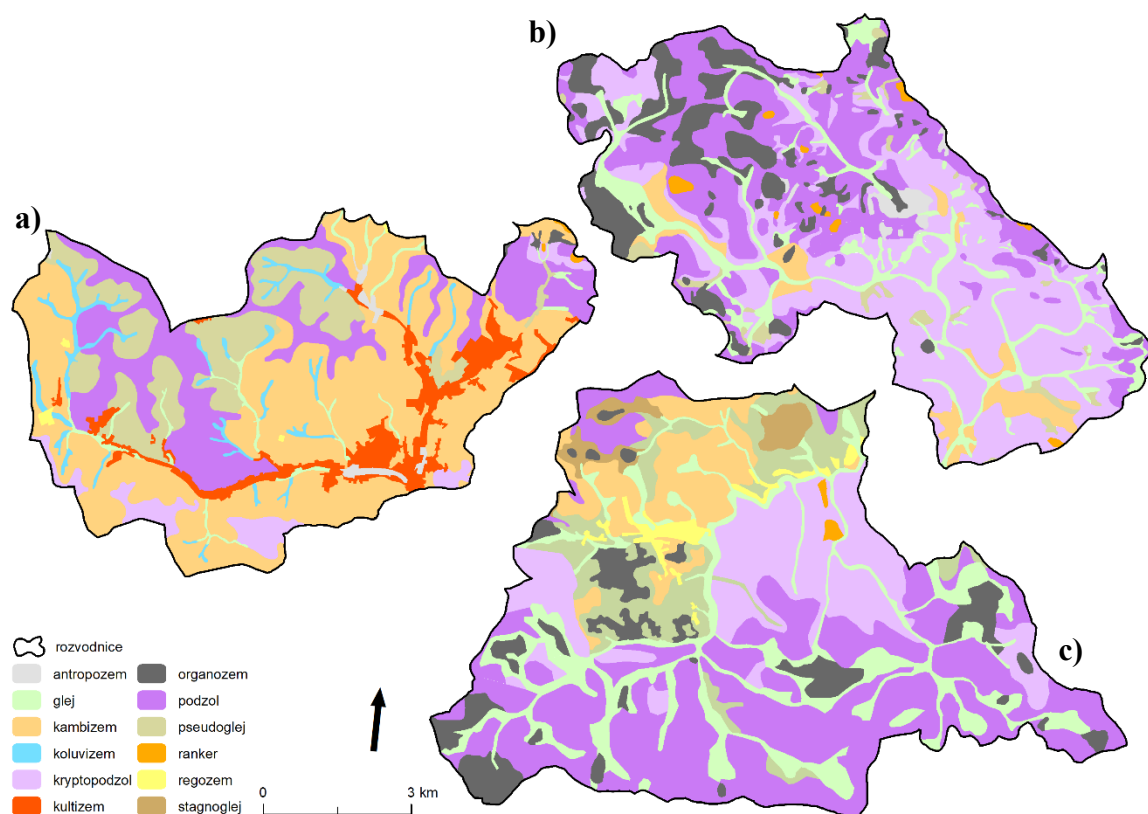
Obrázek 10: Orientace svahů v zájmových povodích (a) povodí Svatavy, b) povodí Rolavy, c) povodí Načetínského potoka) (zdroj vstupních dat: EEA)

### 4.3 Pedologické poměry

Fyzikální i chemické vlastnosti půdy ovlivňují formování povrchového odtoku a tím i chemismus samotné vody. V zájmových povodích se vyskytuje celkem 12 půdních typů. Při zpracování podkladů Vlach (2019) upozornil na to, že byly zpracovány z českých a německých půdních map v měřítku 1 : 50 000, což na tak malých územích může přinášet jistou míru nepřesnosti.

Podrobná pedologická mapa zájmových území je zobrazena na obrázku 11. Nejrozmanitější půdní pokryv lze nalézt v zájmové části povodí Svatavy. Téměř polovina území je tvořena kambizemí, která se nachází v širším okolí toků. Přibližně pětinu území tvoří podzoly a více než 15 % plochy zaujímají pseudogleje. Přes 8 % území je tvořeno kultizemí, která se nachází jen v tomto povodí, a to v nížinách podél řek. To je způsobeno hustějším osídlením a větším zemědělským využitím krajiny, což bude podrobněji popsáno v následující kapitole. Na rozdíl od následujících dvou povodí je zde zanedbatelný podíl organozemí.





Obrázek 11: Půdní typy v zájmových povodích (a) povodí Svatavy, b) povodí Rolavy, c) povodí Načetínského potoka) (Vlach 2019, ČGS, upraveno)

Povodí Rolavy a Načetínského potoka mají podobné půdní poměry. V povodí Rolavy se na více než třetině plochy rozkládají kryptopodzoly a druhým nejčastějším typem půdy jsou podzoly zabírající přibližně 28 % plochy povodí. Ve vyšších oblastech povodí Rolavy jsou podzoly často zrašeliněné a obsahují silnější vrstvu nadložního humusu, čímž vytvářejí přechodovou zónu k rašeliništním půdám (Vlach 2019). Dalším nejrozšířenějším typem jsou organozemě, které zabírají skoro stejnou plochu jako gleje. Povodí Rolavy má ze všech tří zájmových povodí největší podíl organozemí. Na rozdíl od Svatavy se zde kambizemě vykytují na pouhých 5 % území, což tvoří téměř 40% rozdíl. V povodí Načetínského potoka jsou nejvíce zastoupeným půdním typem podzoly, které zabírají více než třetinu plochy povodí. Podobný podíl plochy zabírají gleje (16,7 %) a kryptopodzoly (16 %). Část plochy povodí je také tvořena pseudogleji (9,4 %) a organozemí (8,5 %). Přesné zastoupení všech půdních typů v zájmových povodích je zobrazeno v tabulce 6.

Tabulka 6: Plochy a procentuální podíly půdních typů v zájmových povodích

	Svatava		Rolava		Načetínský potok	
	plocha (km <sup>2</sup> )	podíl (%)	plocha (km <sup>2</sup> )	podíl (%)	plocha (km <sup>2</sup> )	podíl (%)
<i>antropozem</i>	0,47	0,88	0,80	1,42	–	–
<i>glej</i>	1,17	2,18	6,90	12,39	12,29	<b>16,69</b>
<i>kambizem</i>	24,03	<b>44,58</b>	2,85	5,12	6,24	8,47
<i>koluvizem</i>	1,90	3,53	–	–	–	–
<i>kryptopodzol</i>	2,29	4,24	20,76	<b>37,28</b>	11,77	15,98
<i>kultizem</i>	4,44	8,24	–	–	–	–
<i>organozem</i>	0,15	0,28	6,91	<b>12,42</b>	6,26	8,49
<i>podzol</i>	10,93	<b>20,27</b>	15,78	28,35	26,98	<b>36,62</b>
<i>pseudoglej</i>	8,30	15,40	1,24	2,22	6,94	9,42
<i>ranker</i>	0,08	0,15	0,44	0,78	0,20	0,27
<i>regozem</i>	0,14	0,26	–	–	1,28	1,74
<i>stagnoglej</i>	–	–	–	–	1,72	2,33
<i>celkem</i>	<b>53,91</b>	<b>100,00</b>	<b>55,67</b>	<b>100,00</b>	<b>73,68</b>	<b>100,00</b>

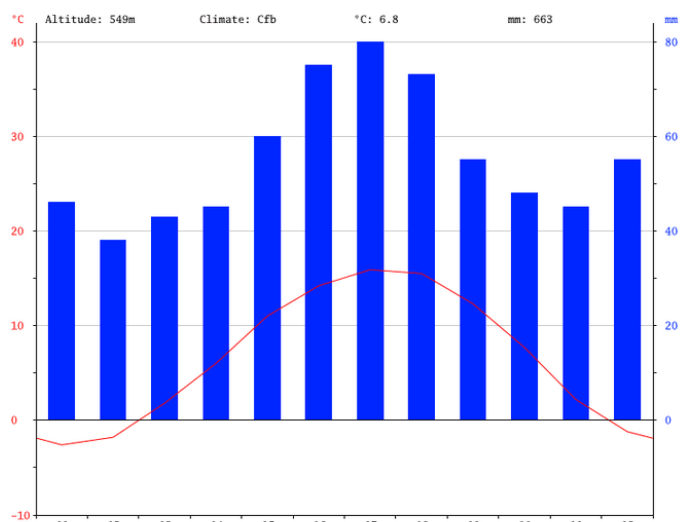
(Vlach 2019, upraveno)

#### 4.4 Klimatické poměry

Jak už bylo zmíněno, zájmová povodí se částečně liší v nadmořské výšce, orientaci svahů či vegetaci, což samozřejmě má vliv i na podnebí jednotlivých zájmových povodí. Podle Köppenovy klasifikace je však možné většinu území daných třech povodí zařadit do kategorie Dfb, což odpovídá chladnějšímu boreálnímu klimatu s teplejšími léty. Podle Quittovy klasifikace lze zájmová povodí zařadit do kategorií C5 až C7, což odpovídá klimaticky chladným oblastem (Tolasz et al. 2007).

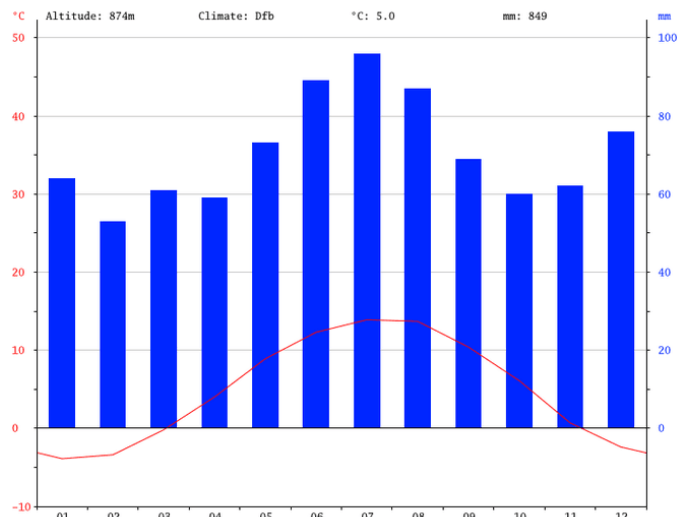
Zájmová část povodí horní Svatavy je ze všech třech sledovaných povodí nejteplejší z hlediska průměrných teplot vzduchu. V obci Klingenthal, v jejíž blízkosti se nachází i stejnoměrný závěrový profil, je roční průměr teploty vzduchu 6,8 °C. Obec se nachází v nejnižší položené části povodí na jihovýchodě a podle Köppenovy klasifikace spadá do kategorie Cfb, která reprezentuje mírné oceánské klima s teplými léty a vegetací listnatých lesů. Podle Quittovy klasifikace povodí Svatavy spadá do tříd Q6 a Q7, což jsou mírnější chladné oblasti (Tolasz et al. 2007). Nejchladnějším měsícem je zde leden s průměrnou měsíční teplotou –2,6 °C a nejteplejším měsícem je červenec s 16 °C. Z hlediska dlouhodobých průměrů je nejdeštivějším měsícem červenec s 80 mm srážek a

nejsušším je únor s 38 mm srážek. Celkové roční průměrné srážky jsou přibližně 663 mm, avšak tyto hodnoty jsou ovlivněny nižší a závětrnou polohou obce. Hodnoty průměrných teplot vzduchu a srážek v obci Klingenthal jsou znázorněny v obrázku 12.



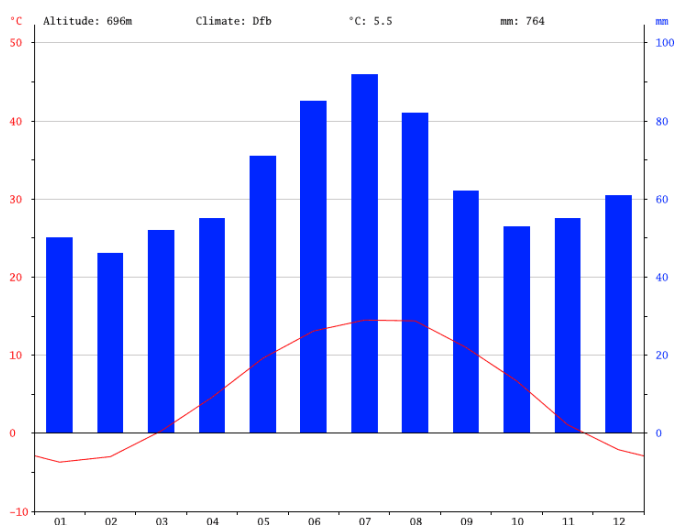
Obrázek 12: Klimadiagram obce Klingenthal. (zdroj: Climate-Data.org)

Nejchladnějším a nejvlhčím povodím ze všech tří zájmových území je povodí horní Rolavy. Dle Köppenovy klasifikace lze vrcholové části povodí zařadit do kategorie Dfc (subpolární podnebí s chladnými léty a studenými zimami) a nižší polohy, například obec Přebuz nacházející se ve střední části povodí, spadají do kategorie Dfb (vlhké kontinentální podnebí s teplými léty). Podle Quittovy klasifikace toto území náleží do kategorie C5 (Tolasz et al. 2007). Ve zmiňované obci Přebuz je dlouhodobá průměrná teplota vzduchu 5 °C, nejteplejší měsícem je červenec se 14 °C a nejchladnějším leden s -4 °C. Nejdeštivějším měsícem je opět červenec s 96 mm a nejsušším měsícem je únor s 53 mm srážek. Dlouhodobé průměrné roční úhrny srážek jsou téměř 850 mm. Hodnoty průměrných teplot vzduchu a srážek v obci Přebuz jsou znázorněny v obrázku 13.



Obrázek 13: Klimadiagram obce Přebuz. (zdroj: Climate-Data.org)

Povodí Načetínského potoka podle Köppenovy klasifikace je zařazeno do kategorie Dfb (vlhké kontinentální podnebí s teplými léty) stejně nižší polohy povodí Rolavy. Podle Quittovy klasifikace spadá celé území do tříd C5 a C6 (Tolasz et al. 2007). Klima zájmového povodí reprezentuje klimadiagram pro obec Rübenau ležící přímo na toku Načetínského potoka a přibližně uprostřed zájmového povodí, necelých 5 km od závěrového profilu Rothenthal. Nejteplejším měsícem je stejně jako u předešlých dvou povodí červenec s 14,5 °C a nejchladnější je leden s –3,7 °C. Průměrný roční úhrn srážek je okolo 765 mm a stejně jako u předešlých dvou povodí je nejvlhčí měsíc červenec (92 mm) a nejsušší únor (46 mm). Hodnoty průměrných teplot vzduchu a srážek v obci Rübenau jsou znázorněny v obrázku 14.



Obrázek 14: Klimadiagram obce Rübenau. (zdroj: Climate-Data.org)

#### 4.5 *Krajinný pokryv*

Oblast zájmových povodí byla několik staletí více či méně ovlivňována lidskou činností, což formovalo dnešní podobu vegetačního i krajinného pokryvu. Neuhäuslová et al. (2001) pro území Česka a Schmidt et al. (2003) pro Německo vypracovali mapy přirozené vegetace, které představují potenciální vegetaci na daném území za přirozených podmínek a bez antropogenního vlivu. Výsledná vegetace se zcela liší od dnešní druhové skladby. Obecně pohoří celého českého pohraničí bylo negativně ovlivněno výsadbou smrkových monokultur po několik staletí. Jen zřídka se vyskytují střípky přirozené vegetace, která souhlasí se svou zonální polohou, a to často ve velmi těžko přístupných polohách (Chytrý et al. 2010). Na rozdíl od jiných pohraničních pohoří, v Krušných horách chybí velkoplošná chráněná území, která by chránila místní krajinný ráz a omezila by případné antropogenní zásahy.

Podle mapy potenciální přirozené vegetace Saska by většina horního povodí Svatavy bylo pokryto acidofilní (bikovou) bučinou a ve vyšších polohách by pak postupně docházelo ke smíšení bučin se smrčínami (Schmidt et al. 2003). Horní část povodí Rolavy by podle mapy potenciální přirozené vegetace Česka od Neuhäuslové et al. (2001) bylo hlavně porostlé podmáčenou rohozcovou smrčínou, v nižších polohách by se vyskytovala smrková bučina. Vrcholové části povodí Rolavy jsou z velké části tvořeny přirozeným výskytem horských vrchovišť. V povodí Načetínského potoka dochází ke kombinaci potenciálního vegetačního pokryvu zmíněných u předešlých dvou povodí. Nejvyšší polohy v blízkosti pramene toku by měly být porostlé podmáčenými rohozcovými smrčínami se vzácnými přechody až do vrchovištních stanovišť (Schmidt et al. 2003). Ve východní části v níže položených oblastech v blízkosti závěrového profilu by se měla nacházet violková bučina. Stejně jako u horní části povodí Svatavy by většinu území měly pokrývat acidofilní bučiny s příležitostným výskytem smrčín (Neuhäuslová et al. 2001).

Na první pohled by se mohlo zdát, že pohraniční oblast Krušnohoří bude z hlediska zalesnění relativně stabilní oblast vzhledem k vývoji za poslední desítky let, popsanému dále v této kapitole. Při analýze historických pramenů však došlo ke zjištění, že místní lesy byly ovlivňovány přes 800 let. Velmi podrobně je historický vývoj lesa popsán v Oblastních plánech rozvoje lesa pro přírodní lesní oblast Krušných hor (ÚHUL 1999).

Z písemných zdrojů je známo, že na počátku 12. století byla pohoří v pohraničí pokryta téměř neporušenými lesy. Ale už během 12. a 13. století docházelo kvůli hornictví k exploataci lesů v Krušnohoří. V důsledku těžby a s tím spojeným rozvojem osad a

přílehlého zemědělství se kácelo čím dál tím více lesa. Přesto byly v 16. století některé části (Jáchymovsko, okolí Božího Daru, Ašsko) charakterizovány jako nepropustný prales. Tyto oblasti byly spíše v Krušnohoří výjimkou, protože od 2. poloviny 15. století docházelo ke stále intenzivnější kolonizaci této oblasti a k obrovské spotřebě dřeva. Oblast Přísečnicka, poblíž zájmového povodí Načetínského potoka, byla ohrožena nedostatkem dřeva pro doly. Proběhla zde sice snaha o regulaci těžby dřeva, ale mnohdy neúspěšně. Přechodný vliv na regeneraci lesů mělo až období třicetileté války, kdy došlo k úbytku obyvatel a tím pádem i k útlumu hornické činnosti.

Až na konci 18. století skončilo volné kácení lesa a postupně se zavádělo plánované hospodářství. Lesy už byly v této době značně zdecimované, byly zde rozsáhlé oblasti holin, a tak přirozená obnova lesa probíhala jen stěží. Lidé se snažili nejprve šířit les pomocí semen z vlastního sběru a až v 19. století začala obnova sadbou. Nejdříve se sázely různé druhy dřevin – hlavně smrk, bříza, ale i jedle, borovice, buk. Jenže postupně převládla výsadba pouze smrku, protože to byla dřevina ekonomicky nejvýhodnější a nejžádanější. Už během tohoto období docházelo v různých epizodách v oblasti Jáchymova, Oloví a Rotavy k hynutí smrků, jedlí, borovic i bříz vlivem nadměrných kouřových emisí. Po ukončení provozu největších znečišťovatelů se lesy během 20.–30. let 20. století zotavovaly. Druhovú skladbu je do jisté míry stabilní už jedno století, avšak není moc pestrá. V kombinaci s rozsáhlou těžbou dřeva a intenzivním spalováním hnědého uhlí v Podkrušnohoří došlo během 2. poloviny 20. století k velkému zhoršení zdravotního stavu lesů, což ještě podtrhla kůrovcová kalamita (ÚHUL 1999).

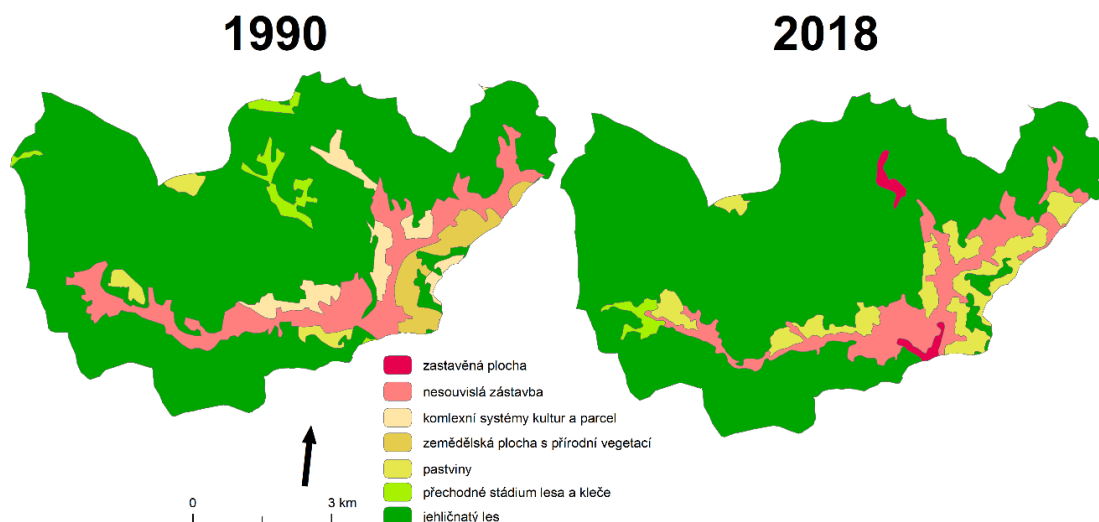
Analýza změn krajinného pokryvu proběhla na základně dat z Evropské agentury pro životní prostředí, kde jsou volně ke stažení data CORINE Land Cover pro celou Evropu. Pro přesnější přehled nedošlo k žádnému sloučení kategorií. Konkrétní hodnoty procentuálního zastoupení jednotlivých typů ploch v zájmových povodích je zobrazen v tabulce 7.

Tabulka 7: Procentuální zastoupení jednotlivých typů ploch zájmových povodí

	Svatava		Rolava		Načetínský potok	
	1990 (%)	2018 (%)	1990 (%)	2018 (%)	1990 (%)	2018 (%)
<i>zastavěná plocha</i>	–	0,97	–	–	–	0,45
<i>nesouvislá zástavba</i>	11,97	9,89	–	–	0,57	–
<i>komplexní systém kultur a parcel</i>	4,02	–	–	–	6,47	–
<i>orná půda</i>	–	–	–	–	2,29	2,04
<i>pastviny</i>	1,58	7,94	0,42	4,02	6,72	13,71
<i>zemědělská oblast s přírodní vegetací</i>	3,55	0,02	4,97	4,72	0,84	0,84
<i>přírodní travní porost</i>	–	–	7,42	3,91	–	–
<i>listnatý les</i>	–	–	–	–	0,49	0,40
<i>smíšený les</i>	–	–	–	–	4,02	6,91
<i>jehličnatý les</i>	76,90	80,37	57,22	59,99	30,84	35,75
<i>přechodné stádium lesa a kleče</i>	1,97	0,81	24,22	21,39	45,82	37,67
<i>rašeliniště</i>	–	–	5,75	5,96	1,94	2,24
<i>celkem</i>	100	100	100	100	100	100

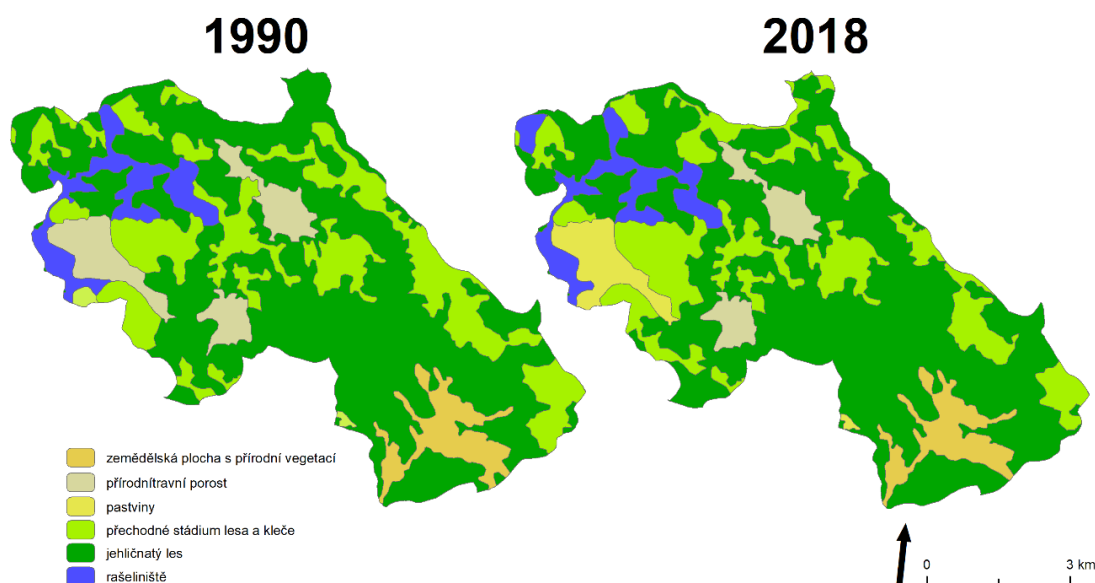
(zdroje vstupních dat: EEA)

Zájmová část povodí Svatavy má ze všech tří povodí největší podíl zastavěné plochy, který dosahuje v obou časových horizontech okolo 11 %. Za necelých třicet let došlo ke změně, kdy se malá část nesouvislé zástavby přeměnila na zastavěnou plochu. V okolí zástavby se v 90. letech vyskytoval komplexní systém kultur a parcel, u něhož do roku 2018 došlo k jeho zastavění anebo ke změně kategorizace, kdy byl zařazen do kategorie pastvin. Za třicet let došlo k nárůstu plochy pastvin způsobeného kombinací již zmiňované změny kategorizace a rozšíření ploch v okolí zastavěných ploch. Povodí Svatavy má sice největší podíl zástavby, na druhou stranu má zároveň největší podíl jehličnatého lesa, který dosahuje 80 %. Stejně jako v povodí Rolavy se zde nevyskytuje vůbec listnatý a smíšený les. Zároveň má v obou sledovaných obdobích nejmenší podíl přechodného stádia lesa, kde na obrázku 15 je viditelné, že došlo k přeměně na jehličnatý les. Také se zde jako v jediném zájmovém povodí nevyskytují žádná rašeliniště.



Obrázek 15: Změny zastoupení krajinného pokryvu horní Svatavy (zdroje dat: EEA)

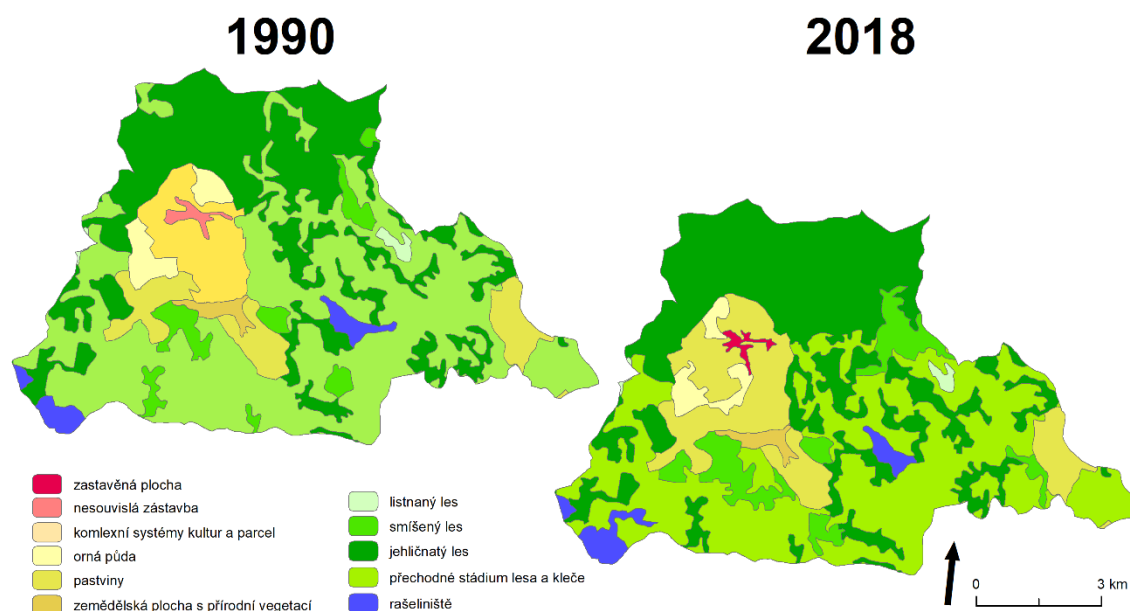
V zájmovém povodí Rolavy se jako v jediném nevyskytuje žádný podíl zastavěné plochy, ale v jižní části povodí je rozsáhlá oblast zemědělské plochy. Avšak po bližším prozkoumání této oblasti se zde nachází obec Nové Hamry, jejíž tvar dobře odpovídá právě oblasti zemědělské plochy. Největší plochu povodí zaujímá jehličnatý les (téměř 60 %), jehož plocha se mírně zvětšila během sledovaných let na úkor přechodného stádía lesa, jehož plocha se zmenšila. Přechodné stádium lesa je stále druhou nejzastoupenější kategorií, kdy zabírá více než pětinu plochy povodí. Během sledovaných let došlo k nárůstu pastvin, kdy se část přírodního travního porostu změnila právě na pastviny. Stejně jako v povodí Svatavy se zde nevyskytuje listnatý ani smíšený les. V povodí Rolavy je podíl zastoupení rašelinišť ze všech zájmových oblastí největší, dosahuje téměř 6 % (obrázek 16).



Obrázek 16: Změny zastoupení krajinného pokryvu horní Rolavy (zdroje dat: EEA)



Povodí Načetínského potoka má ze všech tří zájmových povodí nejvíce různorodý krajinný pokryv, jak je dobře vidět na obrázku 17. Největší plochu povodí zaujímá přechodné stádium lesa, u kterého došlo za sledované období poklesu plochy zastoupení, kdy z téměř 46 % klesl na téměř 38 %. Druhou nejzastoupenější kategorií je jehličnatý les, u kterého došlo naopak k nárůstu zastoupení z 31 % na 36 %. V tomto povodí se jako v jediném vyskytuje smíšený les, jehož podíl mírně vzrostl (o 3 %), a také téměř zanedbatelné množství listnatého lesa nedosahující ani 1 %. Dále se zde jako v jediném povodí vyskytuje malé zastoupení orné půdy. Třetí nejzastoupenější kategorií jsou pastviny, jejichž plocha se za sledované období například díky převzetí ploch kategorie komplexních systémů ploch a kultur zdvojnásobila. Vyskytuje se zde i malý podíl zastavěné plochy, která se za třicet let přeměnila z kategorie nesouvislé zástavby. Nalézají se zde i oblasti dvou rašelinišť, jejichž plocha se mírně zvětšila, ale stále zaujímá zhruba 2 %.



Obrázek 17: Změny krajinného pokryvu Načetínského potoka (zdroje dat: EEA)

Celkově lze říct, že obecně okolo tří čtvrtin ploch všech povodí je zalesněno, nejčastěji jehličnatým lesem nebo přechodným stádiem lesa a kleče. Také se v každém povodí vyskytuje i malý podíl zastavěné plochy, i když v povodí Rolavy není přímo kategorizován. Vyskytují se zde podobné struktury land coveru, kdy v okolí zastavěné plochy jsou nejčastěji pastviny nebo zemědělské plochy s přírodní vegetací.

#### 4.6 Antropogenní vliv

Kromě přírodních procesů ovlivňuje kvalitu vody také člověk. Nejvýznamnější znečišťovatele jsou odpady a látky z ekonomického využívání surovin. Povodí horní Svatavy obsahuje největší podíl zastavěné plochy ze všech sledovaných povodí. Závěrový profil Klingenthal se nachází ve stejnojmenné obci v blízkosti hranic s Českem. Obec Klingenthal má přes 8 tisíc obyvatel a skládá se ze čtyř místních částí. V příloze 1 je zobrazena mapa města, ve které jsou červenými body zobrazeny níže zmiňované průmyslové zdroje znečištění. Potenciální krátkodobý zásah do chemismu vod mohou mít zimní sportovní areály, které se na území obce nacházejí (Klingenthal 2020). Od 17. století se ve městě začaly vyrábět hudební nástroje. V roce 1958 byla v obci založena firma na výrobu harmonik, avšak během 60. let 20. století se firma postupně zaměřila na výrobu elektrotechniky a změnila svůj název na Simeto, pod kterým působí dodnes (Simeto 2020). Na území obce Klingenthal se nachází i další průmyslové areály, jedním z nich je firma Injecta, která v obci působí od druhé světové války a věnuje se výrobě injekčních stříkaček a kanyl. Firma během roku 2019 zahájila výstavbu plánovaného rozšíření (Injecta 2019). Další společnost KMW, která v Klingenthalu působí od roku 1950, se zabývá výrobou speciální strojů (KMW 2020). V neposlední řadě se mezi profily Klingenthal a Kraslice hranice nachází ČOV, jejíž vliv na chemismus vody by měl být přímo pozorovatelný z dostupných dat. ČOV byla pravděpodobně postavena v roce 1995 s celkovou kapacitou 11 500 ekvivalentních obyvatel s aktuálním využitím z 44 % (Sachsen 2016).

V povodí horní Rolavy leží obec Nové Hamry, která v roce 2019 měla 339 obyvatel (ČSÚ 2019). Jak je popsáno výše, území obce se v minulosti vyznačovalo těžbou cínu. V povodí Rolavy se nacházejí i dvě zaniklé obce Rolava a Jelení. V oblasti obce Jelení se nacházejí nyní tři obytné domy a jeden penzion. V okolí obce Nové Hamry se vyskytují běžecké a sjezdové tratě, které v zimním období přivedou více návštěvníků. V obci se nachází ČOV, na kterou je připojena přibližně polovina obce. Nyní probíhá projekt na výstavbu nové kanalizace a budovy ČOV s kapacitou 460 ekvivalentních obyvatel, která by se měla nacházet níže na řece Rolavě (PRVK 2018).

V povodí Načetínského potoka se nachází obec Rübenau, která má okolo tisíc obyvatel (Rübenau 2020). Jedná se spíše o klidnější horskou vesnici, která je zaměřená na rekreaci v okolí. V létě nabízí řadu cyklostezek a v zimě naopak upravené lyžařské trasy. Načetínský potok lemuje jižní okraj obce, samotnou obcí protéká potok Rübenauer Bach, který se na konci obce vlévá do Načetínského potoka. Nebyly nalezeny žádné informace o tom, že

se v obci nachází ČOV. Načetínský potok také protéká zastavěnou oblastí obce Kalek, která má dvě další přidružené místní části Načetín a Jindřichova Ves. Celkový počet obyvatel této oblasti je necelých 250 (ČSÚ 2019). Ani v této oblasti se nenachází žádná ČOV, ale v budoucnu je plán ji zřídit v obci Kalek (Kalek 2009).

## 5 Výsledky

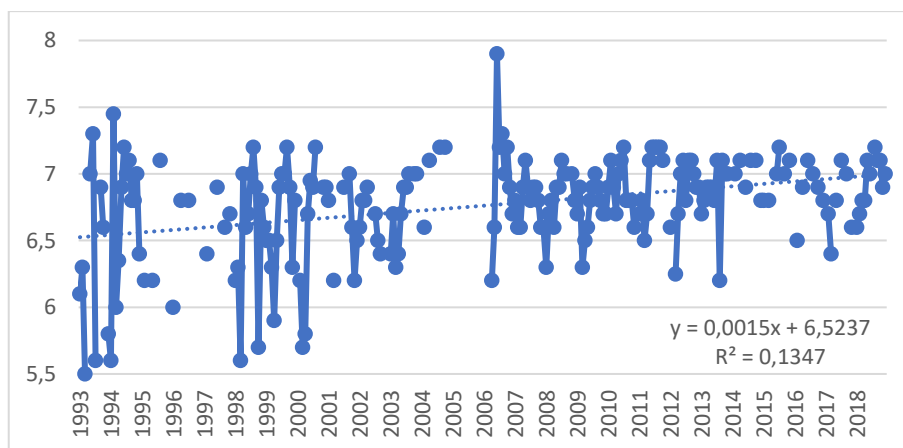
V této části práce jsou hodnoceny chemické ukazatele jakosti povrchové vody z různých hledisek. Kvůli dlouhým pojmenováním jednotlivých profilů došlo ke zkrácení názvů v tabulkách, grafech a textu. Pro rychlou orientaci byla zvolena kombinace zkratky názvu toku a názvu profilu. Seznam jednotlivých použitých zkratek je uveden v tabulce 8. Navíc jsou jednotlivé profily v grafech rozlišeny barvou, kdy německé profily jsou v odstínu modré barvy a české profily v odstínech oranžové a žluté.

Tabulka 8: Přehled použitých názvů jednotlivých profilů

název profilu	Klingenthal	Kraslice hranice	pod Novými Hamry	Rothenthal	Načetínský potok – hranice
zkrácený název	SVA–KLI	SVA–KRA	ROL–NH	NAC–ROT	NAC–NAC

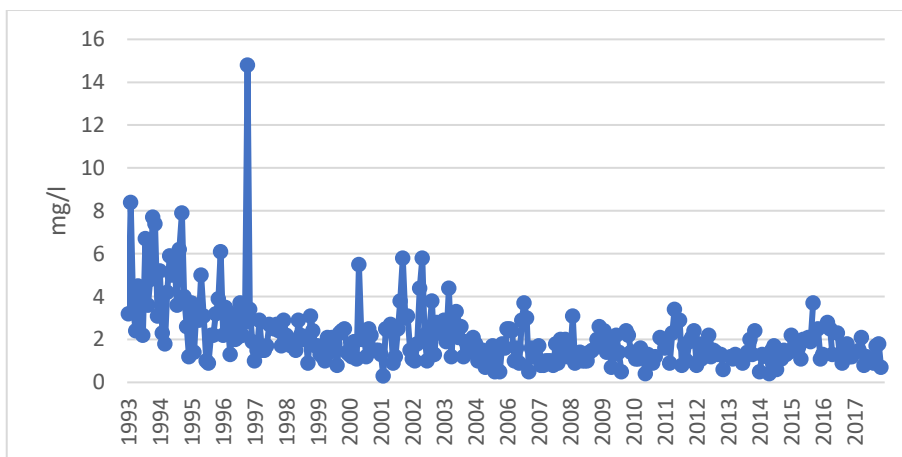
### 5.1 Časový vývoj koncentrací jednotlivých parametrů

Při analýze časového vývoje dat teploty vody není na žádném profilu výrazný dlouhodobý trend, avšak je zde na první pohled viditelná závislost na roční době. Naopak u hodnot pH došlo ve všech profilech k jejich navýšení, kdy nejvíce stouply hodnoty v povodích, kde byly zastoupeny rašeliniště. Tedy v profilu ROL–NH byl nejvyšší nárůst, ale bylo zde provedeno nejméně odběrů. Další výrazný nárůst proběhl na Načetínském potoce (obrázek 18) a nejmenší navýšení bylo zjištěno na Svatavě. U konduktivity došlo naopak na všech profilech k mírnému poklesu. K nejvýraznějšímu snížení došlo v profilu ROL–NH, avšak v tomto profilu je opět dostupná nejkratší datová řada. Druhé nejvýraznější snížení proběhlo na Načetínském potoce a nejnižší na Svatavě.

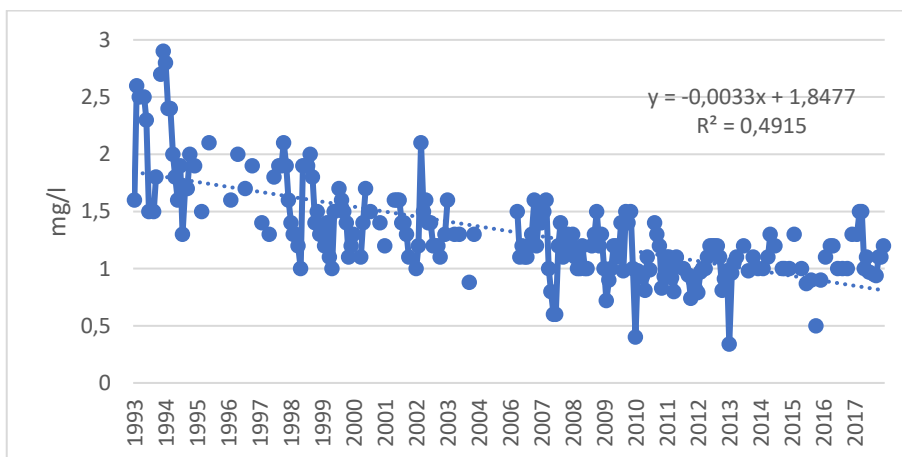


Obrázek 18: Koncentrace pH v profilu NAC–ROT v období 1993–2018 (zdroje dat: LFULG)

U hodnot BSK<sub>5</sub>, které jsou k dispozici pouze pro české profily, došlo ve všech případech k mírnému snížení. Nejvýraznější pokles je v profilu SVA–KRA (obrázek 19), kdy je znatelné snížení koncentrací během 90. let, což bylo pravděpodobně způsobeno výstavbou ČOV. Časový vývoj koncentrací CHSK a TOC nebyl v žádném profilu příliš výrazný. Koncentrace dusičnanového dusíku se ve všech profilech během sledovaného období výrazně snížily. K nejvýraznějšímu poklesu, který je zobrazen v obrázku 20, došlo v profilu NAC–ROT.



Obrázek 19: Koncentrace BSK<sub>5</sub> v profilu SVA–KRA v období 1993–2018  
(zdroje dat: LFULG)



Obrázek 20: Koncentrace dusičnanového dusíku v profilu NAC–ROT v období 1993–2018  
(zdroje dat: LFULG)

Koncentrace celkového fosforu na Rolavě a Načetínském potoce nevykazují žádný výrazný trend, jejich koncentrace jsou v čase velmi vyrovnané. U obou profilů na Svatavě je znatelný výrazný pokles koncentrací celkového fosforu během 90. let 20. století, poté došlo k relativnímu ustálení hodnot. Koncentrace fosforečnanů jsou opět dostupné jen pro české profily. V profilu SVA–KRA je stejně jako u hodnot celkového fosforu viditelný značný

pokles v průběhu 90. let 20. století. V profilech ROL–NH a NAC–NAC došlo k velmi mírnému nárůstu koncentrací.

Dlouhodobý časový vývoj sodíku není moc výrazný, jen profilu NAC–ROT došlo k patrnému nárůstu hodnot. Navíc v profilu ROL–NH došlo k mírnému snížení koncentrace a v profilu SVA–KRA ke slabému nárůstu, avšak datové řady u obou těchto profilů obsahují značné mezery, proto není možné tento vývoj interpretovat jednoznačně. U koncentrací draslíku a vápníku je na všech profilech výrazný pokles hodnot v rámci sledovaného časového období. Hodnoty železa jsou v průběhu sledovaného období téměř ve všech profilech velmi vyrovnané. Výjimku tvoří profil NAC–ROT, kde je viditelný mírný pokles, a profil ROL–NH, jenž vykazuje mírný nárůst.

## 5.2 Jakost povrchových vod

Hodnocení jakosti vody je provedeno na základě normy ČSN 75 7221, kdy jsou jednotlivé ukazatele jakosti vody zařazeny do odpovídající jakostní třídy. Celá tabulka pro všechny sledované roky je uvedena v příloze 2. Všechny koncentrace konduktivity a dusičnanového dusíku za celé sledované období 1993–2018 ve všech profilech spadají do I. třídy jakosti vody.

V profilu SVA–KRA v období 1985–1992 spadají všechny ukazatele do I. třídy jakosti až na celkový fosfor, který náleží do IV. třídy. Jak zobrazuje například tabulka 9 koncentrace celkového fosforu v obou profilech na řece Svatavě spadají v letech 1993, 1994 a 1997 do III. třídy jakosti vody. V následujících letech se situace zlepšila, ale přesto jsou zde většinou hodnoty ve II. třídě jakosti vody. Výjimku tvoří rok 2012 (tabulka 10), kdy v profilu SVA–KLI opět koncentrace celkového fosforu spadá do IV. třídy jakosti. Kromě toho byly v tomto roce naměřeny extrémní koncentrace  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  a TOC, které zapříčinily jediné zhoršení třídy jakosti na II. a III. stupeň za celé období 1993–2018 na tomto profilu.

Tabulka 9: Jakost povrchových vod v roce 1993

1993	konduktivita (mS/m)		CHSK* (mg/l)		TOC (mg/l)		N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		cel. P (mg/l)		Fe (mg/l)	
SVA–KRA	19,38	I	4,25	I	2,19	I	1,87	I	0,161	III	0,54	II
SVA–KLI	20,19	I	10,92	I			1,91	I	0,172	III	0,19	I
ROL–NH												
NAC–NAC	13,00	I	4,93	I			1,86	I	0,023	I	0,23	I
NAC–ROT	12,52	I					2,11	I			0,13	I

\*Pro SVA–KLI a NAC–ROT jsou hodnoty  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ , pro zbylé stanice  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$   
(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Tabulka 10: Jakost povrchových vod v roce 2012

2012	konduktivita (mS/m)		CHSK* (mg/l)		TOC (mg/l)		N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		cel. P (mg/l)		Fe (mg/l)	
SVA-KRA	17,57	I	3,08	I	3,60	I	1,41	I	0,068	II	0,28	I
SVA-KLI	15,93	I	42,50	III	9,88	II	1,15	I	0,312	IV	0,31	I
ROL-NH												
NAC-NAC	10,26	I	4,90	I			1,09	I	0,021	I	0,26	I
NAC-ROT	10,10	I			5,88	I	0,95	I	0,041	I	0,13	I

\*Pro SVA-KLI a NAC-ROT jsou hodnoty CHSK<sub>Cr</sub>, pro zbylé stanice CHSK<sub>Mn</sub>  
(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

U parametrů TOC a CHSK ve více než polovině let sledovaného období došlo ke zhoršení na II. třídu jakosti alespoň na jednom profilu. Nejčastěji nastalo takové zhoršení v profilu NAC-NAC, ve třech letech na Rolavě. V roce 2001 v profilu ROL-NH hodnota CHSK<sub>Mn</sub> spadá do III. jakostní třídy. V tomto roce byla naměřena nejvyšší koncentrace na tomto profilu, která způsobila zvýšení průměru až na hodnotu III. třídy.

V devíti letech z celého sledovaného období 1993–2018 je zjištěno zhoršení koncentrace železa na II. jakostní třídu, většinou v profilu ROL-NH, kde jsou obecně koncentrace železa nejvyšší. V roce 2011 spadala koncentrace železa dokonce do III. jakostní třídy, protože v tomto roce byly naměřeny extrémní hodnoty dokonce dvakrát. V roce 2001 a 2002 byly naměřeny v profilu NAC-NAC dvě nejvyšší koncentrace železa, které způsobily zhoršení na II. třídu jakosti. Další zhoršení jakosti bylo v letech 1993 (tabulka 9) a 2000 v profilu SVA-KRA, kdy v roce 2000 byla naměřena nejvyšší koncentrace železa ze všech profilů.

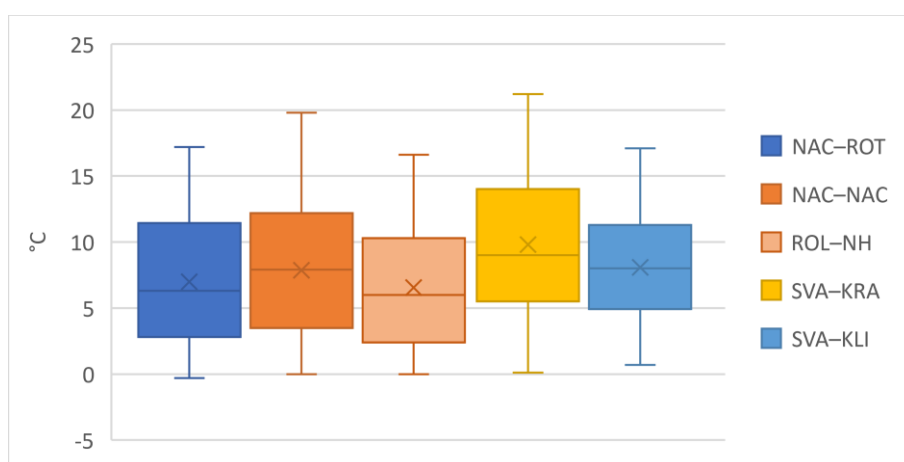
Zařazení hodnot BSK<sub>5</sub> do jednotlivých tříd kvality vody je zobrazeno v příloze 3. V profilech NAC-NAC a ROL-NH spadají všechny roky do I. třídy jakosti, až na jednu výjimku v profilu ROL-NH v roce 2001, kdy byla naměřena extrémní odlehlá hodnota. Na Svatavě spadají v letech 1993 a 1994 koncentrace do III. jakostní třídy. Až do roku 2004 jsou zde až na dvě výjimky koncentrace odpovídající II. jakostní třídě. Od té doby došlo ke zlepšení jakosti na I. třídu.

### 5.3 Základní analýza dat pomocí krabicových grafů

Mezi základní fyzikální ukazatele jakosti vody patří teplota vody, jejíž hodnoty jsou zobrazeny na obrázku 21. Průměrná naměřená teplota vody v profilu SVA-KRA je 9,8 °C, nejnižší teplota je 0,1 °C a nejvyšší 21,2 °C. Průměrná teplota vody v profilu SVA-KLI je

8 °C, nejnižší je 0,7 °C a nejvyšší 17,1 °C. Teplota vody není zcela vhodná pro přímé porovnání, protože je velmi proměnlivá v rámci roku i jednoho dne. Dostupná data o teplotě vody jsou vždy pro jednotlivá měření. Pro možné přesnější srovnání profilů bylo potřeba mít k dispozici kontinuálnější měření teploty vody. Navíc jsou data o teplotě vody dostupná pro profil SVA–KLI pro období 1993–2007 a pro profil SVA–KRA pro období 2003–2018, kdy se mohl projevit i vliv globálního oteplování. Průměrná teplota vody profilu na ROL–NH je 6,6 °C, maximální 16,6 °C a minimální 0 °C. V profilu NAC–ROT je průměrná teplota 7 °C, maximum je 17,7 °C a minimum –0,3 °C. Průměrná teplota vody profilu NAC–NAC je 7,9 °C, maximum je 19,8 °C a minimum 0 °C. Hodnoty jsou sice naměřené na stejném odběrovém místě, ale jak je zmíněno výše, čas odběru hraje velmi důležitou roli.

Nejvyšší průměrné teploty vody ze všech sledovaných profilů bylo dosaženo v profilu SVA–KRA, což může být způsobeno kratší datovou řadou. Nejnižší průměrná hodnota teploty vody byla naměřena na ROL–NH, což je pravděpodobně způsobeno celkovou vyšší nadmořskou výškou povodí.

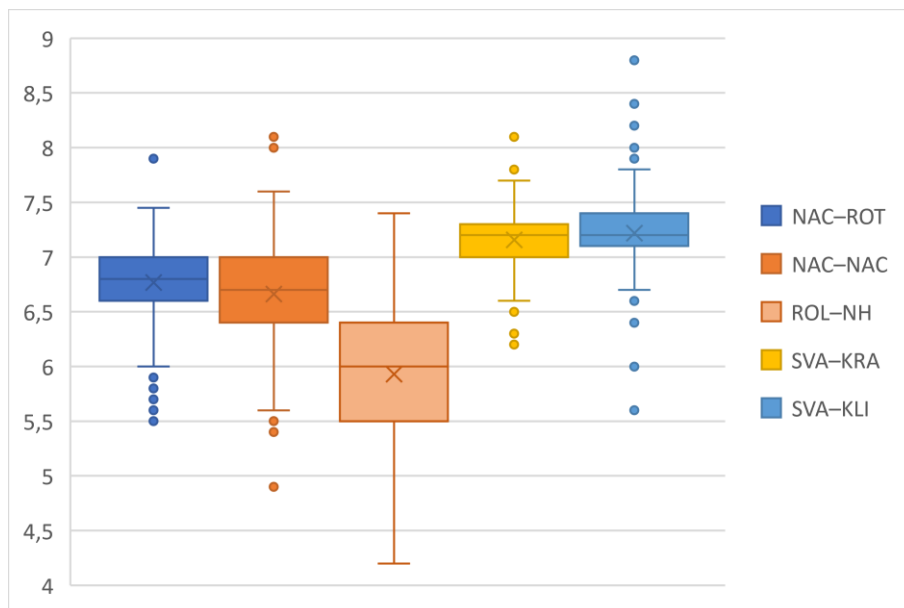


Obrázek 21: Krábiiový graf **teploty vody** ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Dalším ze základních fyzikálních ukazatelů kvality vody je hodnota pH (obrázek 22). Průměrná hodnota pH v profilu SVA–KLI je 7,22, maximální 8,8 a minimální 5,6. Průměrná hodnota v profilu SVA–KRA je 7,16, maximální 8,1 a minimální 6,2. Medián je pro oba profily stejný (7,2). V profilu SVA–KLI byly naměřeny výraznější odlehlejší hodnoty. Datová řada pro profil SVA–KRA, která je měřena v období 1985–2018, se liší nižšími naměřenými hodnotami, ale medián zůstává stejný. Průměrná hodnota pH profilu ROL–NH je 5,9, maximální 7,4 a minimální 4,2. Průměrná hodnota pH v profilu NAC–ROT je 6,8, maximální 7,9, minimální 5,5. Průměrné pH v profilu NAC–NAC je 6,7, maximální 8,1,



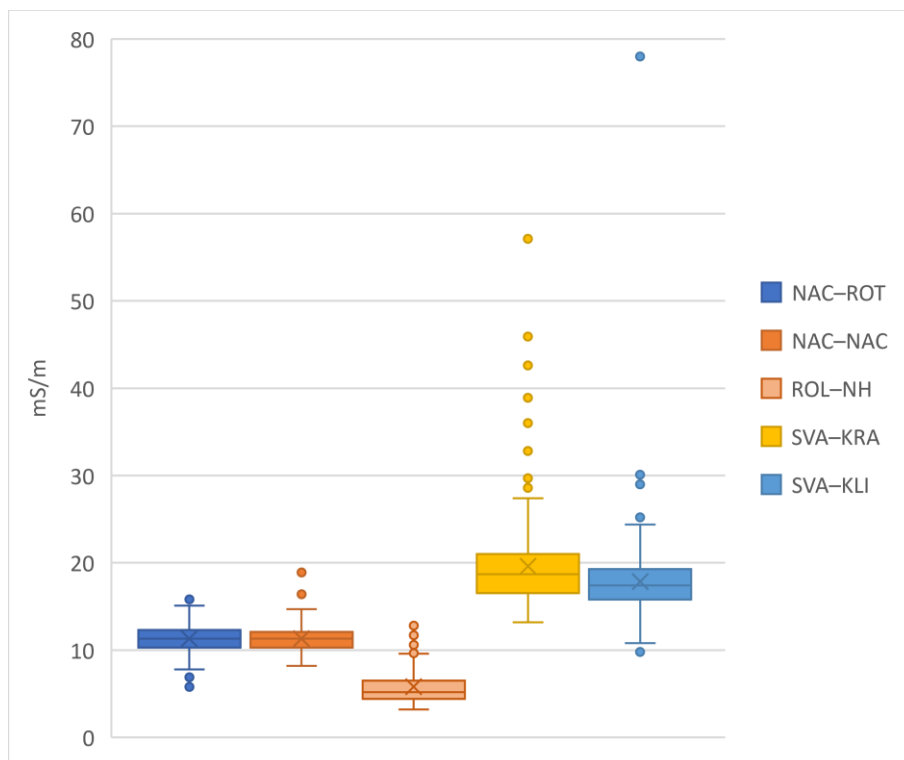
minimální 4,9. Při srovnání profilů NAC–NAC a NAC–ROT dosahují maxima podobných hodnot, výrazněji se liší minimální hodnoty.



Obrázek 22: Krabicový graf pH ze sledovaných stanic za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Obecně vyšší hodnoty pH jsou měřeny na řece Svatavě. Naopak nejnižší hodnoty jsou naměřeny na Rolavě, což je pravděpodobně způsobeno největším zastoupením rašelinišť. V povodí Načetínského potoka se také nacházejí rašeliniště, což způsobilo, že je zde nižší pH než v povodí Svatavy, kde se žádná rašeliniště nenachází.

Dalším základním fyzikálním ukazatelem jakosti vody je konduktivita (obrázek 23). Průměrná hodnota elektrické vodivosti profilu SVA–KLI je 17,8 mS/m, maximum 78 mS/m, minimum 9,8 mS/m. Průměrná hodnota konduktivity pro profil SVA–KRA je 19,6 mS/m, maximum 57,1 mS/m a minimum 13,2 mS/m. Až na jednu odlehlou hodnotu je konduktivita obecně nižší pro profil SVA–KLI. Toto může být dáno tím, že mezi profily SVA–KLI a SVA–KRA se nachází ČOV, která může způsobit vyšší hodnoty konduktivity v profilu SVA–KRA. Průměrná hodnota konduktivity na ROL–NH je 5,8 mS/m, maximum 12,8 mS/m, minimum 3,2 mS/m. Průměrná hodnota elektrické vodivosti pro profil NAC–ROT je 11,3 mS/m, maximum 15,8 mS/m, minimum 5,8 mS/m. Průměrná hodnota konduktivity pro profil NAC–NAC je 11,3 mS/m, maximum 18,9 mS/m, minimum 8,2 mS/m. Hodnoty 1. a 3. kvartilu jsou na obou profilech téměř stejné, průměr a medián je totožný. Profily se liší jen v malém množství odlehlých hodnot.



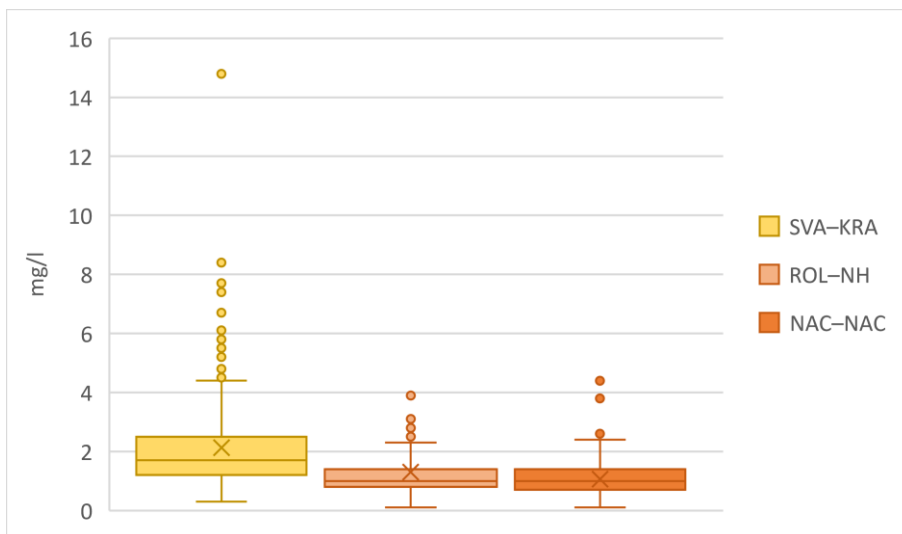
Obrázek 23: Krabicový graf **konduktivity** ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Obecně nejvyšších hodnot konduktivity je dosahováno na řece Svatavě. Tyto vyšší hodnoty mohou být způsobeny největším zastoupením zastavěné plochy v povodí, a tedy i největším antropogenním znečištěním z bodových a rozptýlených zdrojů znečištění, jako jsou komunální a průmyslové odpadní vody. Nejnižších hodnot je naopak dosahováno na Rolavě, které jsou v průměru o více jak 10 mS/m menší, protože Rolava představuje vodní tok s velice malým antropogenním znečištěním.

Jedním ze základních chemických ukazatelů kvality vody je BSK<sub>5</sub> (obrázek 24). Tento parametr byl dostupný pouze pro česká data získaná z Povodí Ohře. Průměrná hodnota v profilu SVA–KRA je 2,1 mg/l, maximum 14,8 mg/l, minimum 0,3 mg/l. Pro delší časové období 1985–2018 na profilu SVA–KRA je průměrná hodnota 2,8 mg/l, maximum a minimum se shoduje s kratší datovou řadou. Bylo zde naměřeno více vyšších hodnot, což by mohlo naznačovat snižování hodnot BSK<sub>5</sub>. V profilu ROL–NH je průměrná hodnota BSK<sub>5</sub> 1,3 mg/l, maximum 27,5 mg/l, minimum 0,1 mg/l. V profilu NAC–NAC je průměrná hodnota BSK<sub>5</sub> 1,1 mg/l, maximum 4,4 mg/l, minimum 0,1 mg/l.

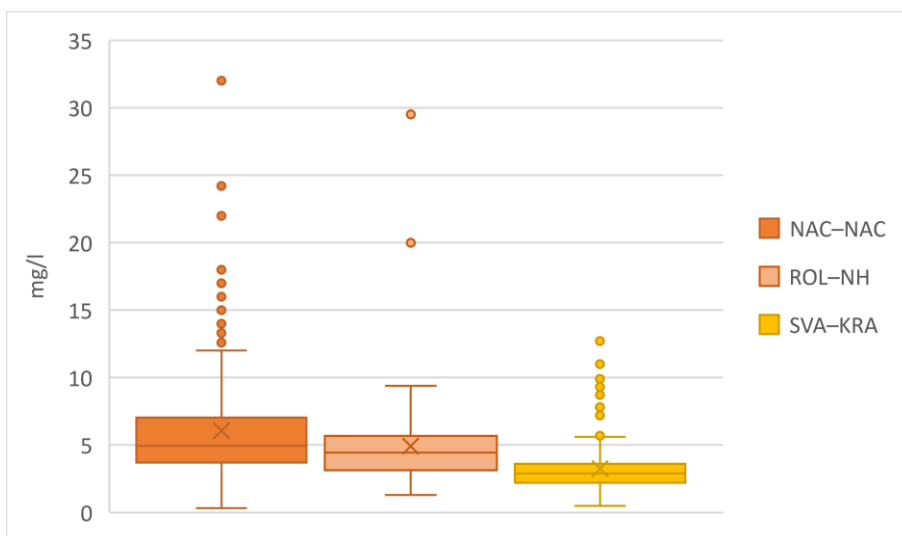
V průměru nejvyšších hodnot je dosahováno na Svatavě, což by mělo odpovídat největšímu znečištění především z komunálních odpadních vod a živočišné výroby. Nejnižší průměrná

hodnota byla naměřena na Načetínském potoce, ale medián a minimum je stejný jako na Rolavě. To by mohlo napovídat podobnému komunálnímu znečištění v obou povodích.



Obrázek 24: Krabicový graf **BSK<sub>5</sub>**<sup>1</sup> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře)

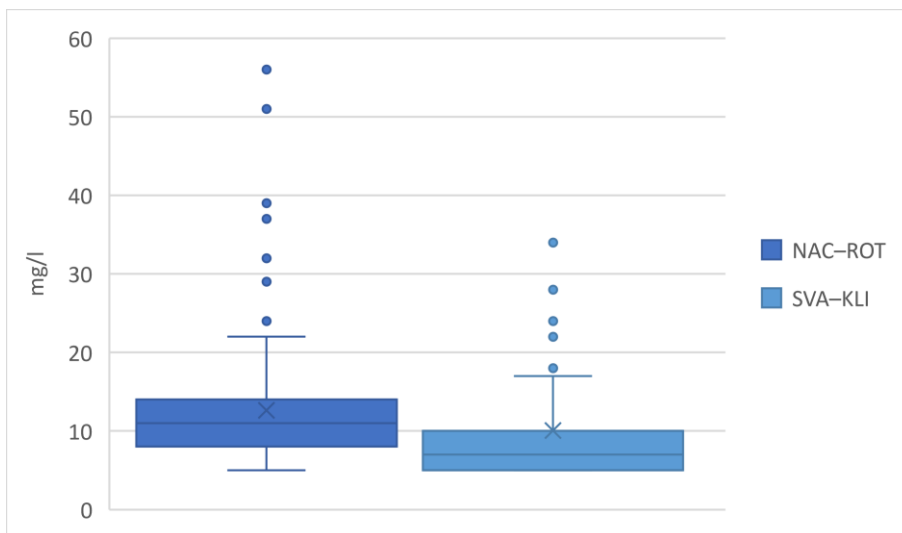
Průměrná hodnota  $CHSK_{Mn}$  pro profil SVA–KRA je 3,2 mg/l, maximum 12,7 mg/l, minimum 0,5 mg/l. Pro delší období v profilu SVA–KRA (1985–2018) je průměr roven 3,6 mg/l a maximum 15,2 mg/l. Průměrná hodnota  $CHSK_{Mn}$  v profilu ROL–NH je 4,9 mg/l, maximum 29,5 mg/l, minimum 1,3 mg/l. Průměrná hodnota  $CHSK_{Mn}$  v profilu NAC–NAC je 6 mg/l, maximum 23 mg/l, minimum 1,6 mg/l (obrázek 25).



Obrázek 25: Krabicový graf **CHSK<sub>Mn</sub>** ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře)

<sup>1</sup> jedno odlehlé pozorování z profilu ROL–NH (27,5 mg/l) bylo z grafu odstraněno kvůli lepší čitelnosti

Průměrná hodnota  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  je v profilu SVA–KLI je 9,9 mg/l, maximum 162 mg/l, minimum 5 mg/l. Průměrná hodnota  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  v profilu NAC–ROT 12,6 mg/l, maximum 56 mg/l, minimum 5 mg/l (obrázek 26). Hodnoty  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  a  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  nelze vzájemně porovnávat, protože je každá citlivá na různé koncentrace znečišťujících látek.



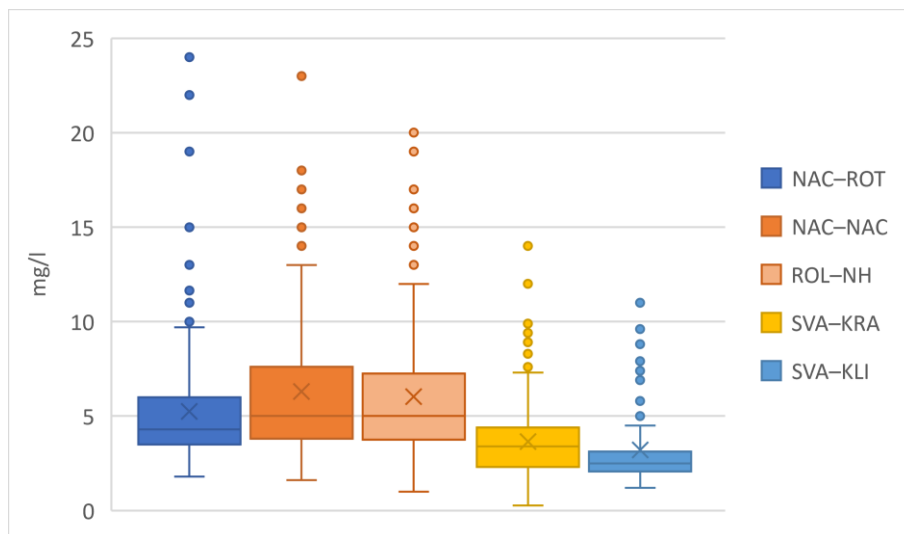
Obrázek 26: Krabicový graf  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}^2$  ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: LFULG)

Nejnižších hodnot  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  je dosahováno na řece Svatavě, druhé nejnižší jsou na Rolavě a nejvyšší hodnoty jsou naměřeny na Načetínském potoce. Vyšší hodnoty na Rolavě a Načetínském potoce mohou být způsobeny přítomností rašelinišť. Hodnoty  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  jsou v průměru vyšší v profilu Rothenthal až na výjimku, kterou tvoří dvě odlehlá pozorování v profilu Klingenthal. Obecně byly vyšší hodnoty obou parametrů  $\text{CHSK}$  vyšší na Načetínském potoce než na Svatavě.

Ukazatel TOC (obrázek 27) se v odvětví ochrany životního prostředí v dnešní době dostává do popředí a bývá často využíván místo parametru  $\text{CHSK}$  (Špringerová 2019). Průměrná hodnota v profilu SVA–KLI je 3,19 mg/l, maximum 41 mg/l, minimum 1,2 mg/l. V profilu SVA–KRA je průměrná hodnota 3,6 mg/l, maximum 14 mg/l a minimum 0,27 mg/l. Obecně se vyšší hodnoty vyskytují v profilu SVA–KRA, který se nachází za ČOV. Výjimku tvoří dvě odlehlé hodnoty naměřené na profilu SVA–KLI, které odpovídají i dvěma vyšším hodnotám  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ . Průměrná hodnota TOC na profilu ROL–NH je 5,98 mg/l, maximum 29,5 mg/l, minimum 1,3 mg/l. Průměrná hodnota na profilu NAC–ROT je 5,3 mg/l, maximum 24 mg/l, minimum 1,8 mg/l. V profilu NAC–NAC je průměrná hodnota 6,26 mg/l, maximum 23 mg/l, minimum 1,6 mg/l. Maximální a minimální hodnoty jsou si

<sup>2</sup> dvě odlehlá pozorování z profilu SVA–KLI (157 mg/l, 162 mg/l) byla z grafu odstraněna kvůli lepší čitelnosti.

na obou profilech Načetínského potoka velmi podobné, ale průměrná hodnota je téměř o 1 mg/l vyšší v profilu NAC–NAC. Obecně se tam vyskytuje více vyšších hodnot.



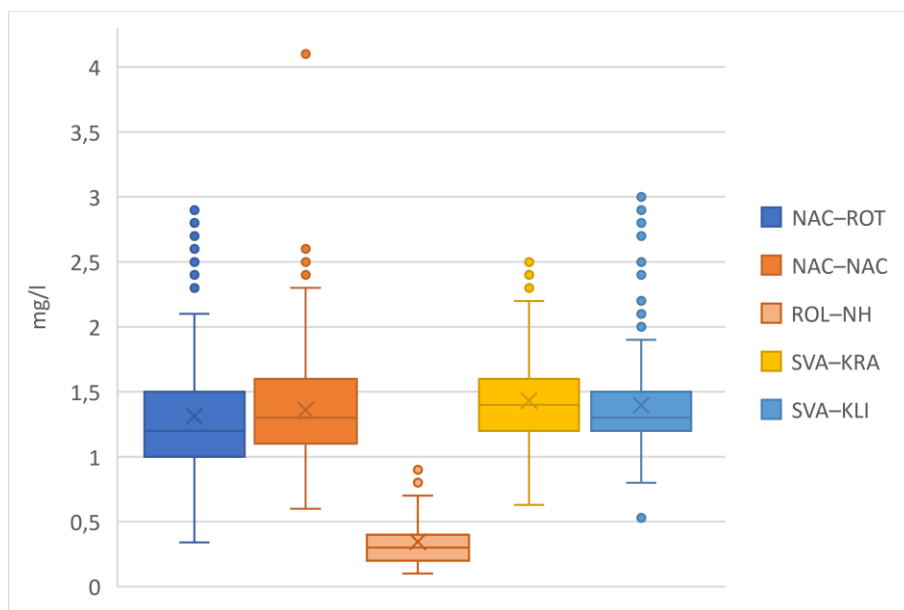
Obrázek 27: Krabicový graf  $\text{TOC}^3$  ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Obecně nejnižších hodnot je dosahováno na řece Svatavě, kde jsou naměřeny nejnižší průměry. Výjimku tvoří pouze dvě již zmiňované hodnoty v profilu SVA–KLI, které jsou nejvyšší ze všech naměřených hodnot. První a třetí kvartil TOC pro ROL–NH a NAC–NAC dosahují velmi podobných hodnot, medián se dokonce rovná. Tento trend byl pozorován už u hodnot  $\text{BSK}_5$  a  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ . Z grafu je vidět, že vliv bodových zdrojů na koncentrace organických látek není velký, mnohem větší vliv mají pravděpodobně rašeliniště, mokřady a podmáčené plochy.

Průměrná hodnota dusičnanového dusíku (obrázek 28) profilu SVA–KLI je 1,4 mg/l, maximum 3 mg/l, minimum 0,53 mg/l. V profilu SVA–KRA je průměrná hodnota 1,43 mg/l, maximum 2,5 mg/l, minimum 0,63 mg/l. V delším sledovaném období 1985–2018 v profilu SVA–KRA je průměrná hodnota téměř stejná jako v kratším období, medián, 1. a 3. kvartil se rovnají. Delší datová řada se liší hlavně výrazně vyšší odlehlou hodnotou, minimální hodnoty jsou si podobné. Průměrná hodnota v profilu ROL–NH je 0,34 mg/l, maximum 0,9 mg/l, minimum 0,1 mg/l. Průměrná hodnota v profilu NAC–ROT je 1,31 mg/l, maximum 2,9 mg/l, minimum 0,34 mg/l. Průměrná hodnota v profilu NAC–NAC je 1,36 mg/l, maximum 4,1 mg/l, minimum 0,6 mg/l. Hodnoty naměřené v profilu NAC–NAC jsou vyšší než v profilu NAC–ROT.

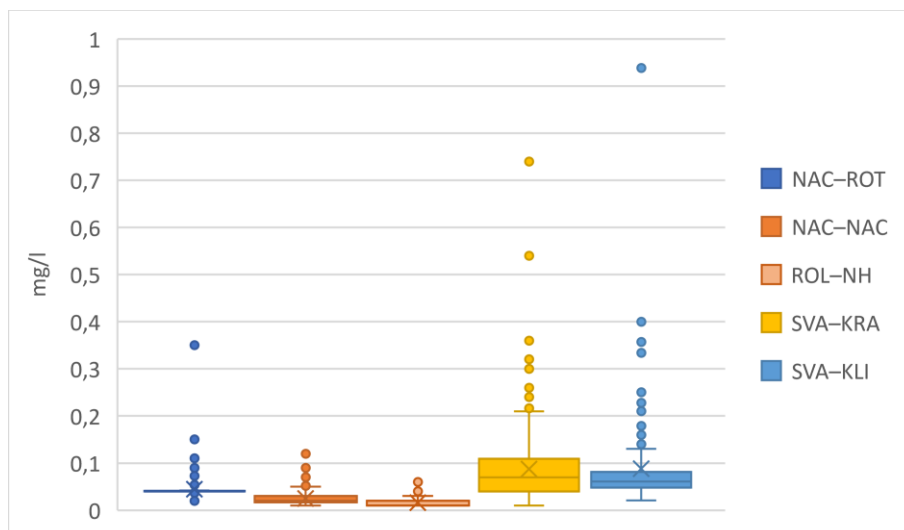
<sup>3</sup> dvě odlehlá pozorování z profilu SVA–KLI (41 mg/l, 32 mg/l) byla z grafu odstraněna kvůli lepší čitelnosti

Obecně nejvyšší hodnoty jsou měřeny na řece Svatavě, ale hodnoty pro Načetínský potok jsou jen nepatrně nižší. Celkově nejnižších hodnot je dosahováno na Rolavě, kde jsou hodnoty výrazně menší než na zbylých profilech.



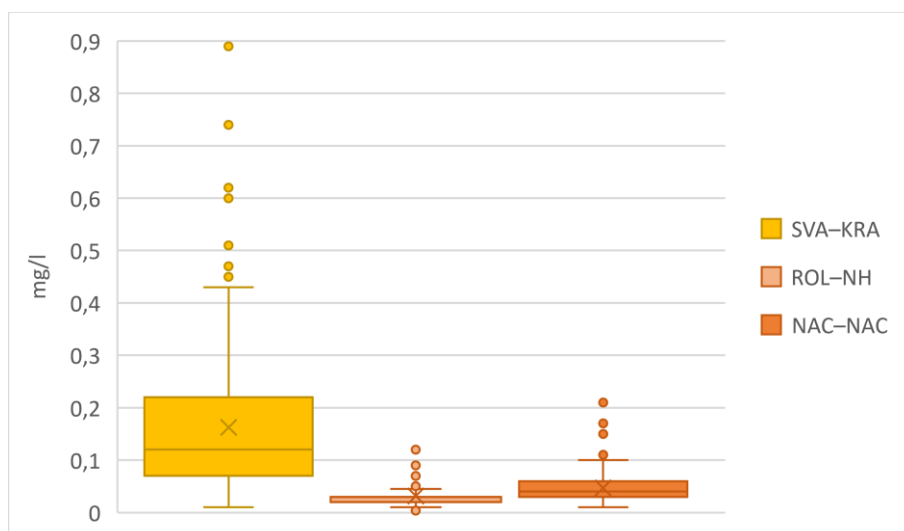
Obrázek 28: Krabicový graf **dusičnanového dusíku** ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Dalším chemickým ukazatelem kvality vody je množství celkového fosforu (obrázek 29). Průměrná hodnota v profilu SVA-KLI je 0,087 mg/l, maximum 1,5 mg/l, minimum 0,021 mg/l. Průměrná hodnota v profilu SVA-KRA 0,087 mg/l, maximum 0,74 mg/l, minimum 0,01 mg/l. Hodnoty pro delší časové období 1985–2018 profilu SVA-KRA jsou vyšší než pro kratší období. Průměrné hodnoty pro SVA-KRA a SVA-KLI jsou stejné, obecně dosahují podobných hodnot. Průměrná hodnota celkového fosforu v profilu ROL-NH je 0,016 mg/l, maximum 0,06 mg/l, minimum 0,01 mg/l. Průměrná hodnota profilu NAC-ROT je 0,045 mg/l, maximum 0,35, minimum 0,02 mg/l. V profilu NAC-NAC je průměrná hodnota 0,025 mg/l, maximum 0,12 mg/l, minimum 0,01 mg/l. Hodnoty naměřené v profilu NAC-ROT jsou o něco vyšší než v profilu NAC-NAC. Nejvýrazněji se liší nejvyšší dosaženou hodnotou. Obecně je vyšších hodnot dosahováno na řece Svatavě, což naznačuje výraznější antropogenní znečištění v povodí, případně větší používání hnojiv obsahujících fosfor. Zřetelně nižších hodnot je dosahováno na Načetínském potoce a úplně nejnižších na Rolavě.



Obrázek 29: Krabicový graf **celkového fosforu**<sup>4</sup> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

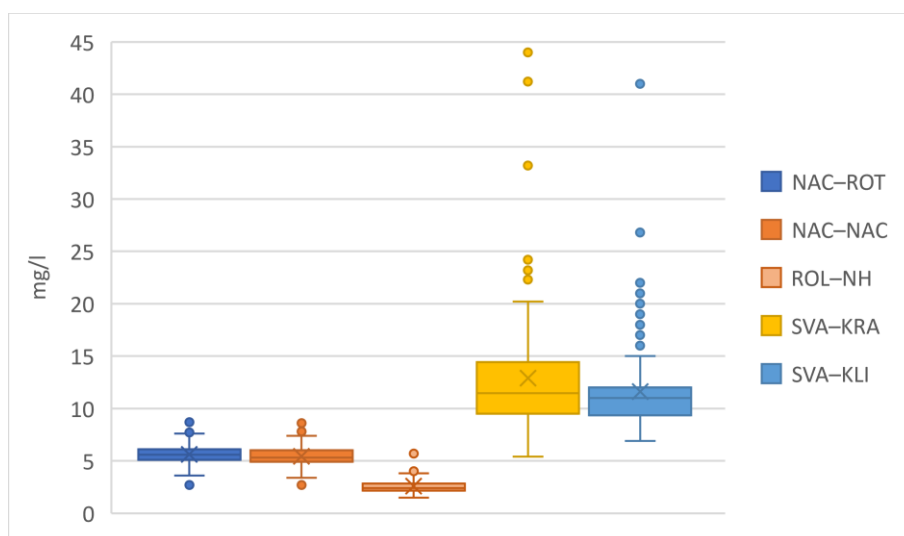
Data pro hodnoty fosforečnanů (obrázek 30) byla dostupná pouze pro česká měření. Průměrná hodnota je na profilu SVA–KRA 0,163 mg/l, maximum 0,89 mg/l, minimum 0,01 mg/l. Průměrná hodnota v profilu ROL–NH je 0,031 mg/l, maximum 0,12 mg/l, minimum 0,004 mg/l. Průměrná hodnota fosforečnanů v profilu NAC–NAC je 0,046 mg/l, maximum 4,1 mg/l, minimum 0,6 mg/l. Stejně jako u hodnot celkového fosforu jsou nejvyšší hodnoty měřeny na Svatavě. Výrazně nižších hodnot je dosahováno na Načetínském potoce a nejnižších na Rolavě. Hodnoty fosforečnanů jsou o něco vyšší než hodnoty celkového fosforu.



Obrázek 30: Krabicový graf **fosforečnanů** ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře)

<sup>4</sup> jedno odlehlé pozorování z profilu SVA–KLI (1,5 mg/l) bylo z grafu odstraněno kvůli lepší čitelnosti

Dalším chemickým ukazatelem je množství bazických iontů. Průměrná hodnota sodíku (obrázek 31) v profilu SVA–KLI je 11,6 mg/l, maximum 118 mg/l, minimum 6,9 mg/l. Průměrná hodnota sodíku v profilu SVA–KRA je 12,9 mg/l, maximum 70,7 mg/l, minimum 5,4 mg/l. Vyššího průměru na řece Svatavě je dosahováno v profilu SVA–KRA, ale zároveň zde byly naměřeny i nižší hodnoty. Celkově vyšší hodnoty na profilu SVA–KRA mohou být způsobeny vlivem ČOV, která se nachází mezi profily. Průměrná hodnota profilu ROL–NH je 2,6 mg/l, maximum 5,7 mg/l, minimum 1,5 mg/l. Průměrná hodnota sodíku v profilu NAC–ROT je 5,6 mg/l, maximum 9,1 mg/l, minimum 2,7 mg/l. V profilu NAC–NAC je průměrná hodnota 5,4 mg/l, maximum 9,1 mg/l, minimum 2,7 mg/l. Hodnoty na Načetínském potoce jsou si velmi podobné dosahují stejných maximálních a minimálních hodnot. Obecně nejvyšších hodnot je dosahováno na Svatavě a celkově nejnižších na Rolavě. Tyto údaje by mohly naznačovat, že největší znečištění je na Svatavě a nejnižší naopak na Rolavě.



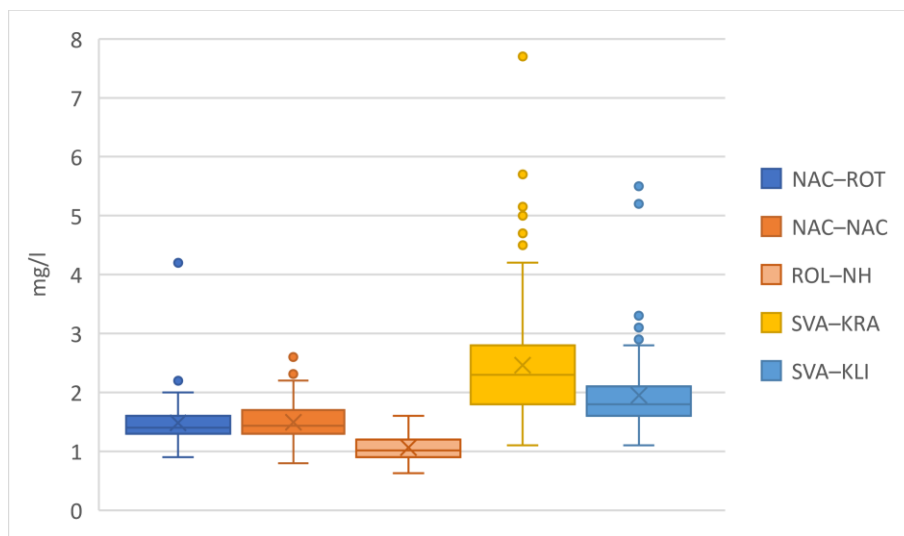
Obrázek 31: Krabicový graf **sodíku**<sup>5</sup> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Průměrná koncentrace draslíku (obrázek 32) v profilu SVA–KLI je 1,95 mg/l, maximum 5,5 mg/l, minimum 1,1 mg/l. Průměrná hodnota v profilu SVA–KRA je 2,47 mg/l, maximum 7,7 mg/l, minimum 1,1 mg/l. Hodnoty naměřené v profilu SVA–KRA byly obecně vyšší, společná je jen nejnižší naměřená hodnota. Průměrná hodnota v profilu ROL–NH je 1,07 mg/l, maximum 1,6 mg/l, minimum 0,63 mg/l. Průměrná hodnota profilu NAC–ROT je 1,48 mg/l, maximum 4,2 mg/l, minimum 0,9 mg/l. Průměrná hodnota draslíku

<sup>5</sup> jedno odlehlé pozorování z profilu SVA–KLI (118 mg/l) a dvě z profilu SVA–KRA (70,7 mg/l, 64 mg/l) byly z grafu odstraněny kvůli lepší čitelnosti



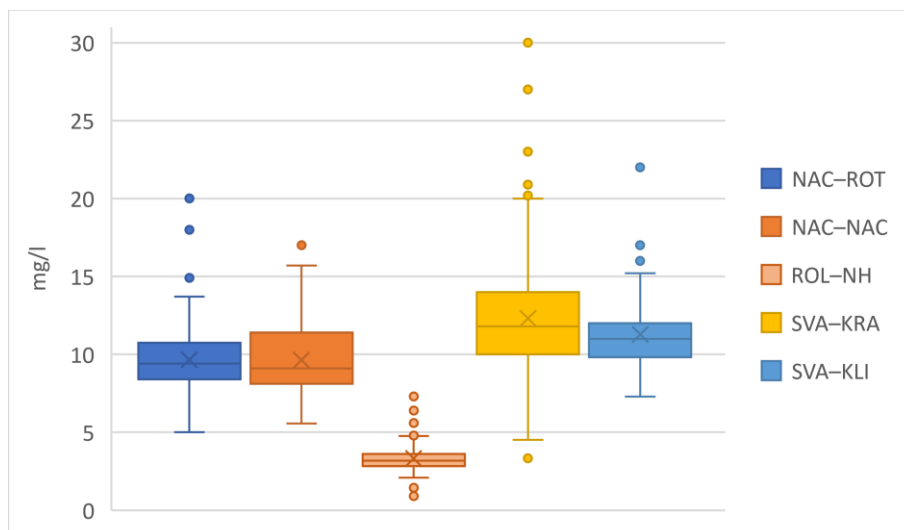
v profilu NAC–NAC je 1,48 mg/l, maximum 2,7 mg/l, minimum 0,8 mg/l. Průměrné hodnoty a mediány v Načetínském potoce jsou u obou profilů stejné. Minimální hodnoty se liší jen o jednu desetinu, větší rozdíl je pouze u maximální naměřené koncentrace. Obecně nejvyšší naměřené hodnoty jsou na řece Svatavě. O něco nižších hodnot je dosahováno v Načetínském potoce a zcela nejnižších hodnot na Rolavě. Stejný trend je zjištěn i u sodíku, což stále napovídá největšímu antropogennímu znečištění na Svatavě a nejmenšímu na Rolavě.



Obrázek 32: Krabicový graf **draslíku** ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

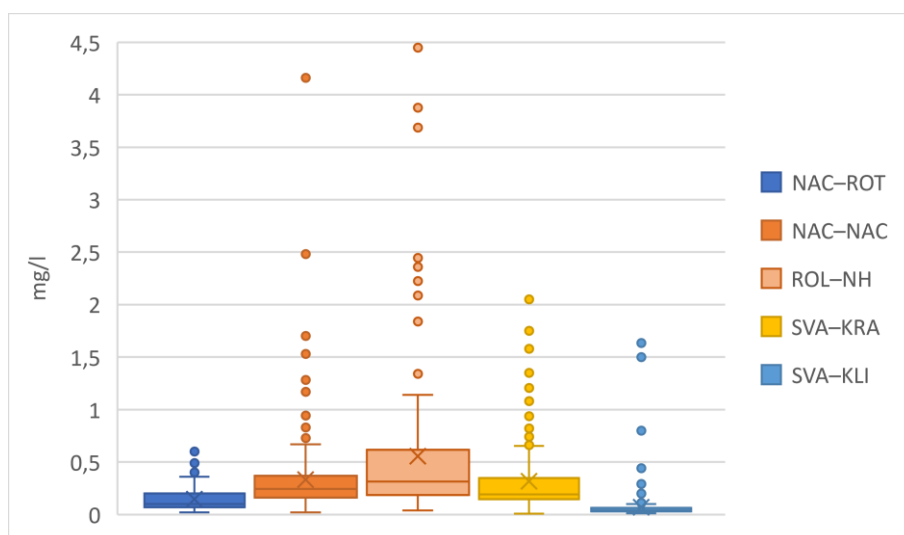
Posledním zástupcem bazických iontů sledovaných v této práci je vápník (obrázek 33). Průměrná hodnota koncentrace vápníku v profilu SVA–KLI je 11,3 mg/l, maximum 22 mg/l, minimum 7,3 mg/l. Průměrná hodnota v profilu SVA–KRA je 12,3 mg/l, maximum 30 mg/l, minimum 3,3 mg/l. Pro delší sledované období 1985–2018 v tomto profilu je průměrná hodnota i medián vyšší. Největší rozdíl tvoří nejvyšší naměřená hodnota, která se rovná 185 mg/l. V profilu ROL–NH je průměrná hodnota 3,3 mg/l, maximum 7,3 mg/l, minimum 0,9 mg/l. Průměrná hodnota v profilu NAC–ROT 9,6 mg/l, maximum 20 mg/l, minimum 5 mg/l. V profilu NAC–NAC je průměrná hodnota 9,7 mg/l, maximum 17 mg/l, minimum 5,6 mg/l. Průměrné hodnoty na obou profilech Načetínského potoka se liší jen o jednu desetinu. O něco vyšší hodnoty byly naměřeny v profilu NAC–ROT.

Stejně jako u sodíku a draslíku jsou celkově nejvyšší hodnoty naměřeny na Svatavě, o něco nižší na Načetínském potoce a výrazně nižší na Rolavě. Tento trend u všech třech základních kationtů naznačuje jistou korelaci mezi jednotlivými prvky.



Obrázek 33: Krabicový graf **vápníku** ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Posledním sledovaným parametrem je koncentrace železa (obrázek 34). V profilu SVA–KLI je průměrná hodnota 0,073 mg/l, maximum 3 mg/l, minimum 0,01 mg/l. Průměrná hodnota železa v profilu SVA–KRA je 0,318 mg/l, maximum 8 mg/l, minimum 0,007 mg/l. Vyšších hodnot je dosahováno v profilu SVA–KRA. Průměrná hodnota v profilu ROL–NH je 0,55 mg/l, maximum 6,126 mg/l, minimum 0,04 mg/l. V profilu NAC–ROT je průměrná hodnota 0,146 mg/l, maximum 0,6 mg/l, minimum 0,02 mg/l. Průměrná hodnota v profilu NAC–NAC je 0,331 mg/l, maximum 4,16 mg/l, minimum 0,02 mg/l. V profilu NAC–NAC bylo naměřeno daleko více vyšších hodnot než v profilu NAC–ROT.



Obrázek 34: Krabicový graf **železa**<sup>6</sup> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

<sup>6</sup> dvě odlehlá pozorování z profilu ROL–NH (6,126 mg/l) a SVA–KRA (8 mg/l) byla z grafu odstraněna kvůli lepší čitelnosti

Obecně nejvyšší hodnoty jsou dosahovány na Rolavě, což je pravděpodobně způsobeno značným zastoupením rašelinišť, avšak celkově nejvyšší hodnota byla naměřena v profilu SVA–KRA. Až na tuto výjimku jsou druhé nejvyšší hodnoty měřeny na Načetínském potoce, kde se vyskytuje o něco méně rašelinišť. Celkově nejnižších hodnot je dosahováno v profilu SVA–KLI, navíc v povodí horní Svatavy nejsou přítomna žádná rašeliniště.

V rámci celkového zhodnocení všech parametrů jsou nalezeny určité podobnosti. U teploty vody, pH, konduktivity, BSK<sub>5</sub> dusičnanového dusíku, celkového fosforu a fosforečnanů a bazických iontů jsou vždy nejvyšší hodnoty na Svatavě, nižší na Načetínském potoce a nejnižší na Rolavě. Tento fakt by mohl vypovídat o celkovém poměru antropogenního znečištění jednotlivých povodí. Hodnoty CHSK<sub>Mn</sub> a TOC jsou nejvyšší pro Načetínský potok, o něco nižší pro Rolavu a nejnižší pro Svatavu. Nejvyšší hodnoty právě na Načetínském potoce mohou být ovlivněny tím, že má nejvyšší plochu povodí. Koncentrace na Rolavě jsou jen o trochu nižší, přestože má oproti Načetínskému potoku menší plochu povodí, což je pravděpodobně zapříčiněno největším zastoupením rašelinišť. U železa jsou nejvyšší hodnoty na Rolavě, o něco nižší na Načetínském potoce a nejnižší na Svatavě. V rámci všech parametrů se vyskytuje řada výrazně odlehklých hodnot, jejichž podmínky výskytu jsou zkoumány blíže v další části práce.

#### **5.4 Extrémně odlehlé hodnoty jednotlivých parametrů**

Během základní analýzy zkoumaných dat se v rámci některých parametrů objevily velmi odlehlé hodnoty. V této části je analyzováno, jakých hodnot dosahovaly i jiné parametry jednoho odběru. V rámci analýzy bylo nahlíženo i na odpovídající povětrnostní podmínky daného období v okolních stanicích, které využívali pro své analýzy i Vlach (2019) a Navrátilová (2018). Pro lepší přehlednost byly v tabulkách použity různé barvy – tmavě červená barva znamená nejvyšší naměřenou hodnotu daného profilu anebo nejvyšší koncentraci ze všech měření; světle červená barva symbolizuje hodnoty vyšší než 3. kvartil, světle modrá barva představuje hodnoty nižší než 1. kvartil a tmavě modrá barva zobrazuje nejnižší naměřené hodnoty na daném profilu anebo nejnižší koncentrace ze všech měření.

##### **5.4.1 SVA–KRA 14. 7. 1988**

Nejextrémnější hodnota vápníku byla naměřena 14. 7. 1988 na profilu SVA–KRA (tabulka 11) po delším období bez výrazných srážek. Koncentrace fosforečnanů je druhá nejvyšší ze všech profilů. Hodnoty CHSK<sub>Mn</sub> a BSK<sub>5</sub> jsou vyšší než 3. kvartil období 1985

až 2018, hodnota pH je stejná jako 3. kvartil. Konduktivita a koncentrace železa jsou vyšší než průměrná hodnota. Průtok a dusičnanový dusík je menší než 1. kvartil.

Tabulka 11: Přehled parametrů naměřených 14. 7. 1988 v profilu SVA–KRA

Q (m <sup>3</sup> /s)	CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	BSK <sub>5</sub> (mg/l)	Kon. (mS/m)	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
0,290	4,7	6,6	21,00	7,3	0,46	3,0	185	0,35

(zdroj dat: Povodí Ohře)

#### 5.4.2 SVA–KLI 12. 2. 1997

Jeden z odběrů z profilu SVA–KLI, konkrétně 12. 2. 1997 (tabulka 12), se vyznačuje hned několika odlehlými pozorováními. V předešlých dnech došlo k tání sněhové pokrývky kvůli zvýšení teploty vzduchu a mírným dešťovým srážkám. Nejvyšších hodnot ze všech měření zde dosáhly konduktivita a sodík, druhé nejvyšší naměřené koncentrace jsou pro TOC, CHSK<sub>Cr</sub>, celkový fosfor a vápník. Průtok a dusičnanový dusík jsou při tomto měření mírně zvýšeny, hodnota draslíku je vyšší než 3. kvartil. Hodnota pH je mírně nižší než průměrná hodnota, koncentrace železa se rovná 1. kvartilu a teplota vody je nižší než 1. kvartil.

Tabulka 12: Přehled parametrů naměřených 12. 2. 1997 v profilu SVA–KLI

Q (m <sup>3</sup> /s)	T <sub>voda</sub> °C	TOC (mg/l)	CHSK <sub>Cr</sub> (mg/l)	Kon. (mS/m)	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	cel. P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
1,55	2,9	32	157	78	7	1,5	0,938	118	2,6	17	0,03

(zdroj dat: LFULG)

#### 5.4.3 SVA–KRA 30. 9. 1998

Nejvyšší naměřená koncentrace vápníku za sledované období 1993–2018 je na profilu SVA–KRA (tabulka 13). Srážkové úhrny byly téměř před dvěma týdny, kdy spadlo větší množství srážek. Hodnota fosforečnanů je vyšší než průměr, koncentrace draslíku se rovná mediánu. Průtok, BSK<sub>5</sub>, konduktivita, pH, množství celkového fosforu a železa jsou nižší než průměr. Hodnoty CHSK<sub>Mn</sub> a sodíku jsou menší než 1. kvartil.

Tabulka 13: Přehled parametrů naměřených 30. 9. 1998 v profilu SVA–KRA

Q (m <sup>3</sup> /s)	CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	BSK <sub>5</sub> (mg/l)	Kon. (mS/m)	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	cel. P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
0,929	2,0	1,8	18,1	7,1	1,5	0,20	0,08	7,8	2,3	30	0,17

(zdroj dat: Povodí Ohře)

#### 5.4.4 SVA–KRA 19. 1. 2000

Nejvyšší naměřená koncentrace železa ze všech profilů byla naměřena 19. 1. 2000 na profilu SVA–KRA (tabulka 14), kdy v předešlých dvou dnech spadlo přes 30 mm dešťovo-sněhových srážek. Průtok, koncentrace dusičnanového dusíku a sodíku jsou vyšší než

3. kvartil. Hodnoty  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ , konduktivita a vápník jsou vyšší než průměr. Koncentrace draslíku se rovná mediánu,  $\text{BSK}_5$  a celkový fosfor jsou nižší než průměr. Hodnota pH a fosforečnanů je menší než 1. kvartil.

Tabulka 14: Přehled parametrů naměřených 19. 1. 2000 v profilu SVA–KRA

Q (m <sup>3</sup> /s)	$\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ (mg/l)	$\text{BSK}_5$ (mg/l)	Kon. (mS/m)	pH	$\text{N-NO}_3^-$ (mg/l)	$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	cel. P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
2,29	3,4	2,1	20,5	6,9	2,3	0,05	0,05	16,4	2,3	12,9	8

(zdroj dat: Povodí Ohře)

#### 5.4.5 SVA–KLI 3. 5. 2012

Maximální hodnoty TOC,  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  a celkového fosforu ze všech sledovaných profilů byly naměřeny 3. 5. 2012 v profilu SVA–KLI (tabulka 15), kdy spadlo okolo 10 mm srážek. Koncentrace železa je druhá nejvyšší naměřená hodnota pro daný profil, hodnota vápníku se rovná 3. kvartilu. Koncentrace draslíku je vyšší než průměrná hodnota, průtok, pH a koncentrace sodíku je nižší než průměrná hodnota. Konduktivita a dusičnanový dusík je nižší než 1. kvartil.

Tabulka 15: Přehled parametrů naměřených 3. 5. 2012 v profilu SVA–KLI

Q (m <sup>3</sup> /s)	TOC (mg/l)	$\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ (mg/l)	Kon. (mS/m)	pH	$\text{N-NO}_3^-$ (mg/l)	cel. P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
0,874	41	162	14,7	7,2	1,1	1,5	9	2	12	1,5

(zdroj dat: LFULG)

#### 5.4.6 SVA–KLI 21. 7. 2015

Nejvyšší hodnota pH ze všech sledovaných profilů byla naměřena 21. 7. 2015 v profilu SVA–KLI (tabulka 16), kdy srážky v předešlých dnech nebyly moc výrazné, a je její hodnota je 8,8. Při analýze ostatních parametrů naměřených při tomto odběru bylo zjištěno, že hodnota průtoku je menší než  $Q_{355}$  (0,167 m<sup>3</sup>/s), který byl stanovený pro Svatavu za období 1993–2018. Koncentrace TOC, dusičnanového dusíku, celkového fosforu je o něco málo nižší než průměr za celé sledované období; hodnota sodíku je mírně zvýšená. U konduktivity, draslíku, vápníku a železa jsou koncentrace vyšší než hodnota 3. kvartilu.

Tabulka 16: Přehled parametrů naměřených 21. 7. 2015 v profilu SVA–KLI

Q (m <sup>3</sup> /s)	TOC (mg/l)	Kon. (mS/m)	pH	$\text{N-NO}_3^-$ (mg/l)	cel. P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
0,16	2,7	21,2	8,8	1,2	0,077	12	2,3	16	0,077

(zdroj dat: LFULG)

#### 5.4.7 ROL–NH 10. 7. 1996

Nejnižší hodnota pH ze všech sledovaných profilů byla naměřena 10. 7. 1996 v profilu ROL–NH (tabulka 17) a její hodnota je 4,2. Hodnota byla naměřena při devátém nejvyšším průtoku, který byl téměř třikrát vyšší než průměrný průtok za sledované období, což bylo pravděpodobně způsobeno srážkovými úhrny větších než 100 mm za předešlých pět dnů. Koncentrace BSK<sub>5</sub> a fosforečnanů jsou mírně vyšší než průměrná hodnota, hodnota konduktivity je dvakrát vyšší než průměrná hodnota (jedna z nejvyšších naměřených hodnot na profilu). Koncentrace dusičnanového dusíku a sodíku je vyšší než 3. kvartil, hodnota celkového fosforu je stejná jako 3. kvartil. Koncentrace vápníku a železa jsou mírně nižší než průměr, hodnota draslíku je nižší než 1. kvartil.

Tabulka 17: Přehled parametrů naměřených 10. 7. 1996 v profilu ROL–NH

Q (m <sup>3</sup> /s)	CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	BSK <sub>5</sub> (mg/l)	Kon. (mS/m)	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	cel. P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
3,10	5,0	1,2	10,0	4,2	0,5	0,04	0,02	3,4	0,8	3,2	0,49

(zdroj dat: Povodí Ohře)

#### 5.4.8 ROL–NH 4. 6. 2001

Několik extrémních hodnot bylo naměřeno 4. 6. 2001 na profilu ROL–NH (tabulka 18), kdy v předešlých dvou dnech spadlo téměř 40 mm srážek a kdy byla naměřena nejvyšší hodnota BSK<sub>5</sub> a nejnižší koncentrace draslíku ze všech sledovaných profilů. Zároveň svého maxima na profilu Rothenthal dosáhla hodnota CHSK<sub>Mn</sub>. Průtok, dusičnanový dusík a koncentrace železa jsou vyšší než 3. kvartily ze sledovaného období. Hodnota pH odpovídá 1. kvartilu, koncentrace sodíku je nižší než 1. kvartil. Konduktivita a koncentrace vápníku jsou vyšší než průměrná hodnota.

Tabulka 18: Přehled parametrů naměřených 4. 6. 2001 v profilu ROL–NH

Q (m <sup>3</sup> /s)	CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	BSK <sub>5</sub> (mg/l)	Kon. (mS/m)	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
1,64	29,5	27,5	6,0	5,5	0,5	1,63	0,63	3,6	1,84

(zdroj dat: Povodí Ohře)

#### 5.4.9 ROL–NH 1. 10. 2008

Druhá nejvyšší naměřená koncentrace železa ze všech profilů byla naměřena na Rolavě 1. 10. 2008 (tabulka 19), kdy v předešlých 24 hodinách spadlo přibližně 30 mm srážek. Zároveň byla naměřena i nejvyšší hodnota celkového fosforu na daném profilu. Hodnoty TOC, BSK<sub>5</sub>, draslíku a vápníku jsou vyšší než 3. kvartil, hodnota fosforečnanů se rovná

3. kvartilu. Teplota vody a pH jsou vyšší než průměr, průtok a koncentrace sodíku jsou nižší než průměr. Konduktivita a dusičnanový dusík odpovídají 1. kvartilu.

Tabulka 19: Přehled parametrů naměřených 1. 10. 2008 v profilu ROL–NH

Q (m <sup>3</sup> /s)	T <sub>voda</sub> °C	TOC (mg/l)	BSK <sub>5</sub> (mg/l)	Kon. (mS/m)	pH	N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	cel. P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
0,59	7,9	16,0	2,3	4,4	6,3	0,2	0,03	0,06	2,3	1,4	3,73	6,126

(zdroj dat: Povodí Ohře)

#### 5.4.10 NAC–NAC 20. 4. 1995

Nejvyšší koncentrace dusičnanového dusíku ze všech sledovaných profilů byla naměřena 20. 4. 1995 v profilu NAC–NAC (tabulka 20). Hodnota byla naměřena při jednom z největších průtoků daného profilu, která byla pravděpodobně způsobena kombinací deště a tání sněhu. Hodnoty BSK<sub>5</sub>, konduktivity, draslíku a vápníku byly vyšší než průměrná hodnota, koncentrace CHSK<sub>Mn</sub> a železa byly nižší než průměrná hodnota. Koncentrace celkového fosforu odpovídá mediánu a množství fosforečnanů 1. kvartilu. Hodnota pH a koncentrace sodíku je nižší než 1. kvartil. Naměřené hodnoty napovídají korelaci mezi průtokem a koncentrací dusičnanového dusíku.

Tabulka 20: Přehled parametrů naměřených 20. 4. 1995 v profilu NAC–NAC

Q (m <sup>3</sup> /s)	CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	BSK <sub>5</sub> (mg/l)	Kon. (mS/m)	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	cel. P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
4,69	5,3	1,6	11,8	5,5	4,1	0,03	0,02	4,4	1,6	10,0	0,20

(zdroj dat: Povodí Ohře)

## 5.5 Období sucha

V této části jsou zobrazena data odebraná během průtoků menších než Q<sub>355</sub>, zjištěných pro každý tok zvlášť pro sledované období. Pro tabulky je zde použit stejný systém barev jako v předešlé části.

### 5.5.1 Svatava

Pro horní tok Svatavy byl určen Q<sub>355</sub> jako 0,167 m<sup>3</sup>/s. V tabulce 21 jsou zobrazeny odpovídající nižší průtoky než Q<sub>355</sub> v profilu SVA–KLI. Na první pohled je znatelná spojitost mezi nízkými průtoky, konduktivitou, pH a draslíkem. Všechny tyto hodnoty byly větší než 3. kvartil vypočtený ze všech dat. I u sodíku a vápníku až na výjimky byly naměřeny vyšší hodnoty. U dusičnanového dusíku a celkového fosforu tento trend není už tak signifikantní, protože vyšší koncentrace byly naměřeny jen v méně jak polovině případů. U TOC a CHSK<sub>Cr</sub> také není znatelný jasný trend, pouze v pár případech došlo ke snížení

koncentrace pod 1. kvartil. Zajímavý vývoj mají koncentrace železa, kdy u všech pozorování do roku 2003 byly naměřeny koncentrace nižší než 1. kvartil a od roku 2015 naopak vyšší než 3. kvartil. Jednou z příčin tohoto zvýšení koncentrací by mohla být změna analytické metody, která takto ovlivnila výsledky.

Tabulka 21: Přehled naměřených hodnot jednotlivých parametrů při průtoku menším než  $Q_{355}$  v profilu SVA–KLI

Datum	Q (m <sup>3</sup> /s)	T <sub>voda</sub> °C	Kon. (mS/m)	pH	TOC (mg/l)	CHSK <sub>Cr</sub> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	cel. P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
15.09.1999	0,134	13,8	20,6	7,6	2,8	6	1,8	0,12	11	2,2	13	0,02
06.08.2003	0,112	16,7	20,7	7,5	1,9	6	1,6	0,1	11	2,3	14	0,03
17.09.2003	0,160	12	21,9	7,5	3,1	5	1,5	0,07	12	2,5	15	0,03
12.11.2003	0,160	2,8	22,7	7,5	2,5	6	1,6	0,09	13	2,6	14	0,03
21.07.2015	0,160		21,2	8,8	2,7		1,2	0,077	12	2,3	16	0,077
27.10.2015	0,167		20,9	7,8	2,2		1,4	0,081	14	2,3	13	0,081
30.07.2018	0,167		19,4	7,9	2,1		1,3	0,072	12	2,2	12	0,072
13.08.2018	0,142		19,4	8,2	2		1,3	0,079	12	2,1	11	0,079
01.10.2018	0,142		20,8	7,9	1,6		1,3	0,069	13	2,2	13	0,069

(zdroj dat: LFULG)

V profilu SVA–KRA jsou během nízkých průtoků zvýšené hodnoty konduktivity, pH a sodíku. Na rozdíl od profilu SVA–KLI byly některé koncentrace TOC a CHSK<sub>Mn</sub> vyšší než 3. kvartil. U hodnot BSK<sub>5</sub> jsou dvě hodnoty vyšší než 3. kvartil a tři nižší než 1. kvartil. Většina koncentrací fosforečnanů a dusičnanů je vyšší než 3. kvartil, u celkového fosforu byly naměřeny vyšší koncentrace než 3. kvartil v polovině případů. Koncentrace draslíku a koncentrací železa, kdy dvě hodnoty jsou vyšší než 3. kvartil a pět hodnot nižších než 1. kvartil (tabulka 22).

Mezi profily SVA–KRA a SVA–KLI, které jsou od sebe vzdáleny přibližně jeden kilometr, je umístěna ČOV, takže je možné sledovat možný vliv ČOV v profilu SVA–KRA na chemismus toku během nízkých průtoků. Dokonce jsou první čtyři termíny odběrů pro oba profily vápníku až na dvě měření vyšší než 3. kvartil, a navíc 6.8.2003 byla naměřena nejvyšší koncentrace draslíku ze všech měření. Stejně jako v SVA–KLI je nejasný trend stejný. V profilu SVA–KRA jsou hodnoty TOC a CHSK vyšší než 3. kvartil narozdíl od profilu SVA–KLI. Koncentrace celkové fosforu jsou vždy větší nebo stejné jako v SVA–KLI. U železa je změna nejednoznačná vzhledem k charakteru dat, kdy mohlo dojít ke změně analytické metody. Obecně lze říci, že je zde jednoznačně patrný vliv bodového zdroje znečištění ČOV.



Tabulka 22: Přehled naměřených hodnot jednotlivých parametrů při průtoku menším než  $Q_{355}$  v profilu SVA–KRA

Dat.	Q (m <sup>3</sup> /s)	T <sub>voda</sub> °C	Kon. (mS/m)	pH	TOC (mg/l)	CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	BSK <sub>5</sub> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	cel. P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
15.09. 1999	0,134		23,0	7,4		2,4	1,2	1,8	0,25	0,11	14,9	3,5	14,3	0,07
06.08. 2003	0,112	20,8	42,6	7,7	10	7,2	2,8	2,2	0,42	0,14	33,2	7,7	27,0	0,24
17.09. 2003	0,160	13,0	32,8	7,3		5,6	2,3	2,4	0,43	0,14	24,4	4,6	20,5	0,18
12.11. 2003	0,160	3,8	27,4	7,4		3,4	2,9	2,2	0,22	0,09	15,7	3,2	18,7	0,40
23.09. 2015	0,167	12,4	23,7		5,5	2,2	1,4	1,5	0,22	0,103	16,7	3,3	14,6	0,180
29.10. 2015	0,167	8,6	26,5		5,3	2,7	2,2	1,7	0,20	0,096	20,2	3,7	15,8	0,121
22.08. 2018	0,119	20,0	24,1		2,5	1,8	0,9	1,7	0,30	0,216	16,8	2,4	14,1	0,700
19.09. 2018	0,122	15,4	23,8		4,0	3,2	1,7	1,9	0,28	0,143	17,3	2,5	14,2	0,116
17.10. 2018	0,119	12,1	23,7		3,7	2,4	1,8	1,2	0,23	0,096	16,7	4,1	13,5	0,095
14.11. 2018	0,12	8,2	23,7		2,9	2,2	0,7	1,5	0,17	0,107	17,2	3,6	13,2	0,110

(zdroj dat: Povodí Ohře)

### 5.5.2 Rolava

Hodnota průtoku  $Q_{355}$  pro profil ROL–NH je 0,217 m<sup>3</sup>/s. Bohužel pro tento profil jsou k dispozici kvalitní data o chemismu vod jen do roku 2011, takže není možné posoudit poslední dvě výrazná suchá období 2015 a 2018. Při prvním prozkoumání tabulky 23 jsou nejvýraznější nízké hodnoty u celkového fosforu, kdy dokonce tři naměřené koncentrace byly nejnižší ze všech měření na daném profilu. Na rozdíl od řeky Svatavy, je na Rolavě konduktivita vyšší než 3. kvartil jen v polovině měření. Hodnota pH je ještě méně průkazná, protože dvě měření byly menší než 1. kvartil a jedno naopak vyšší než 3. kvartil. Hodnoty CHSK<sub>Mn</sub> mají opačný trend než pH. Dvě hodnoty BSK<sub>5</sub>, dusičnanového dusíku, sodíku a draslíku jsou vyšší než 3. kvartil, zároveň dvě koncentrace dusičnanového dusíku jsou menší než 1. kvartil. U sodíku a vápníku byly 20.1.2003 naměřeny nejvyšší koncentrace na daném profilu. Koncentrace železa opět nevykazují jednoznačný trend, jedno měření je vyšší než 3. kvartil a dvě měření nižší než 1. kvartil.

Tabulka 23: Přehled naměřených hodnot jednotlivých parametrů při průtoku menším než  $Q_{355}$  v profilu ROL–NH

Datum	Q (m <sup>3</sup> /s)	T <sub>voda</sub> °C	Kon. (mS/m)	pH	CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	BSK <sub>5</sub> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	cel. P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
12.09.2002	0,18		5,6	5,3	8,3	0,8	0,2	0,02	0,01	2,32	0,95	3,04	1,12
20.01.2003	0,12	2,2	10,6	6,4	2,6	3,9	0,4	0,07	0,02	5,7	1,4	7,31	0,13
25.09.2003	0,21	5,9	6,0	5,9	3,4	0,8	0,2	0,03	0,01	3,1	1,2	4,33	0,31
06.01.2004	0,20	0,1	6,7	5,4		2,3	0,5	0,02	0,01			4,77	0,080

(zdroj dat: Povodí Ohře)

### 5.5.3 Načetínský potok

Hodnota  $Q_{355}$  za období 1993–2018 je pro Načetínský potok 0,18 m<sup>3</sup>/s. V profilu NAC–ROT (tabulka 24) stejně jako u většiny předešlých profilů jsou všechny hodnoty konduktivity vyšší než 3. kvartil, u pH jsou to všechny až na jednu výjimku. U TOC je jedna hodnota vyšší než 3. kvartil a tři nižší než 1. kvartil, u CHSK<sub>Cr</sub> je většina hodnot menší než 1. kvartil a jedna je dokonce nejnižší naměřená na daném profilu. Jedna hodnota dusičnanového dusíku je větší než 3. kvartil, dvě jsou naopak nižší než 1. kvartil. U bazických iontů je většina hodnot vyšších než 3. kvartil. U železa je většina hodnot nižších než 1. kvartil, ale jedna hodnota je naopak vyšší než 3. kvartil.

Tabulka 24: Přehled naměřených hodnot jednotlivých parametrů při průtoku menším než  $Q_{355}$  v profilu Rothenthal

Datum	Q (m <sup>3</sup> /s)	T <sub>voda</sub> °C	Kon. (mS/m)	pH	TOC (mg/l)	CHSK <sub>Cr</sub> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	cel. P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
07.08.2003	0,178	15,9	13,3	7,1	4,4	13	1,1		6	1,7	11	0,2
28.08.2003	0,178	12	12,6	6,9	3,7	7	1,1		6,6	1,5	11	0,1
22.10.2003	0,178	4,1	14,2	7	3,3	7	1,3		6,2	1,6	12	0,05
26.11.2003	0,178	4,4	13,6	7	2,9	5	1,6		6,5	1,6	12	0,04
02.08.2018	0,152	17,7	12,2	7,2	19				8,8	1,7	9	
23.08.2018	0,152	16,7	12,9		4,3		0,95	0,058				0,03
27.09.2018	0,178	8,8	13,7	7,1	2,9		0,94	0,04	9	1,9	9	0,03

(zdroj dat: LFULG)

V profilu NAC–NAC (tabulka 25) stejně jako na Svatavě jsou všechny hodnoty konduktivity větší než 3. kvartil. U pH jsou také všechny hodnoty vyšší než 3. kvartil až na jednu výjimku 14.3.1996, kdy je hodnota naopak nižší než 1. kvartil. Přesně opačný trend je u dusičnanového dusíku. U koncentrace TOC jsou všechny hodnoty nižší než 1. kvartil až na jednu výjimku, kdy je koncentrace vyšší než 3. kvartil. U hodnot CHSK<sub>Mn</sub> a BSK<sub>5</sub> je více jak polovina měření nižších než 1. kvartil. U fosforečnanů a celkového fosforu je šest hodnot stejného data vyšších než 3. kvartil, zbylé hodnoty buď nejsou výrazné, nebo jsou nižší než 1. kvartil. U celkového fosforu jsou tři hodnoty nejnižší ze všech naměřených hodnot

v daném profilu. Více jak polovina koncentrací sodíku je vyšší než 3. kvartil, u draslíku je jen jedna koncentrace vyšší než 3. kvartil a tři nižší než 1. kvartil. U vápníku jsou pouze tři koncentrace vyšší než 3. kvartil. U železa je o něco jasnější trend než u předešlých profilů, kdy je polovina měření menší než 1. kvartil.

Tabulka 25: Přehled naměřených hodnot jednotlivých parametrů při průtoku menším než  $Q_{355}$  v profilu NAC–NAC

Dat.	Q (m <sup>3</sup> /s)	T <sub>voda</sub> °C	Kon. (mS/m)	pH	TOC (mg/l)	CHSK <sub>Mn</sub> (mg/l)	BSK <sub>5</sub> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	cel. P (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)
14.03.1996	0,180		12,3	6,4		4,1	0,8	2,0	0,11	0,04	6,9	1,7	12,9	0,07
07.08.2003	0,178	15,0	12,6	7,1	2,2	6,4	1,0	1,1	0,08	0,03	5,6	1,5	10,2	0,35
28.08.2003	0,178	10,8	12,6	7,2	3,1	4,2	0,3	1,1	0,04	0,01	5,8	1,6	10,2	0,18
24.09.2003	0,178	4,5	13,0	7,2	2,3	3,4	0,4	1,0	0,03	0,01	5,4	1,6	10,8	0,16
22.10.2003	0,178	4,9	13,9	7,1		3,7	0,3	1,2	0,05	0,02	6,1	1,6	11,7	0,14
26.11.2003	0,178	0,5	13,5	7,1	2,8	3,4	0,9	1,3	0,08	0,03	5,7	1,5	11,5	0,15
09.12.2003	0,097	6,3	14,6	7,0	3,2	3,8	0,7							
15.10.2008	0,154	6,1	12,3	7,3	2,6		0,7	1,0	0,03	0,01	6,0	1,5	9,74	0,128
26.07.2018	0,152	13,4	12,1		11,0	3,1	0,7	1,2	0,061	0,036	7,1	0,9	9,11	0,181
16.08.2018	0,146	12,4	12,4		3,7	2,2	0,6	1,1	0,071	0,032	8,6	0,9	9,06	0,182
05.09.2018	0,152	5,4	12,1		3,1	2,1	0,5	1,1	0,10	0,034	7,4	1,0	9,14	0,156

(zdroj dat: Povodí Ohře)

Na Svatavě (1999, 2003, 2015, 2018) a Načetínském potoce (1996, 2003, 2008, 2018) je stejný počet suchých let. Nejméně náchylné na suchá období je Rolava, což potvrdil i Vlach (2019). Množství nízkých průtoků se pro jednotlivé profily liší, protože termíny odběrů se neshodují.

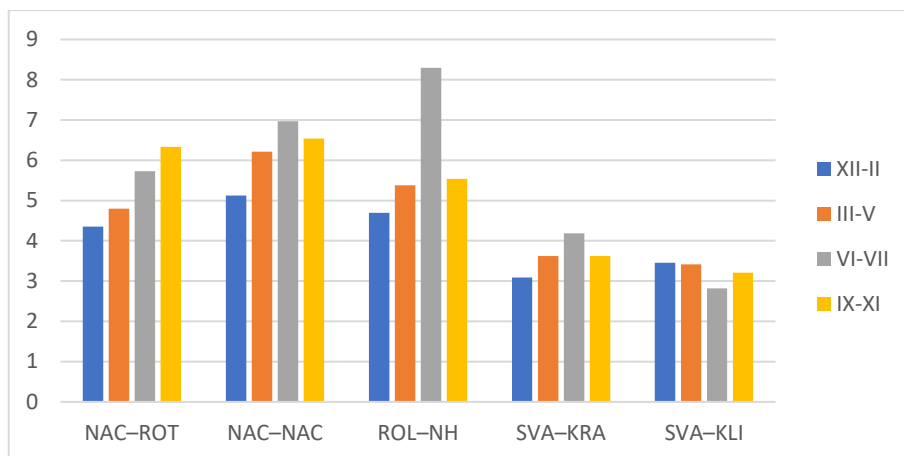
Až na ROL–NH byly ve všech profilech hodnoty konduktivity vyšší než 3. kvartil. Na Svatavě byly všechny hodnoty pH také vyšší než 3. kvartil. V profilech NAC–NAC a NAC–ROT je vždy jen jedna hodnota nižší než 3. kvartil. V profilu NAC–NAC 14. 3. 1996 to je pravděpodobně způsobeno vyšší koncentrací dusičnanového dusíku, která způsobila nižší hodnotu pH. V profilu SVA–KLI nižší průtoky měly za vliv spíš snížení koncentrací TOC a CHSK. V profilu SVA–KRA u TOC došlo spíše ke zvýšení hodnot a u CHSK je trend nejednoznačný, stejně tak u hodnot CHSK v profilu ROL–NH. Na obou profilech Načetínského potoka je většina hodnot TOC nižší než 1. kvartil, avšak v odběrech 26.7.2018 (profil NAC–NAC) a 2.8.2018 (profil NAC–ROT) je hodnota vyšší než 3. kvartil. U většiny hodnot CHSK na Načetínském potoce je zaznamenáno snížení koncentrací. Nižší průtoky se také projeví ve většině případů zvýšením koncentrací bazických iontů. V profilech ROL–

NH a SVA–KRA byly během nízkých průtoků naměřeny dokonce jejich nejvyšší koncentrace ze všech měření. Na Svatavě mají nízké průtoky dále vliv na zvýšení koncentrací fosforu a dusíku, což je pravděpodobně způsobeno nižší ředící schopností toku. Na Rolavě a v některých měřeních v profilu NAC–NAC bylo dosaženo nejnižších koncentrací celkového fosforu na daných profilech. U koncentrací dusičnanů na Rolavě jsou protichůdné trendy, na Načetínském potoce jsou hodnoty častěji nižší než 1. kvartil, jen dvakrát jsou vyšší než 3. kvartil. Trendy koncentrací železa jsou na všech profilech nejednoznačné kromě NAC–NAC, kde došlo spíše ke snížení hodnot.

### ***5.6 Vývoj koncentrací jednotlivých parametrů v závislosti na roční době***

V této části jsou zkoumány případné změny jednotlivých parametrů v rámci ročních období. Jak by se dalo očekávat, teplota vody ukazuje ve všech profilech jasný roční vývoj, kdy nejvyšší teploty vody jsou v létě a nejnižší v zimě. Ne všechny parametry však vykazují tak výrazné roční změny. Například hodnoty pH jsou v průběhu roku daleko více vyrovnané. Stejně jako u teploty vody jsou nejvyšší hodnoty pH na všech profilech měřeny v létě, což může indikovat vzájemnou pozitivní korelaci a negativní závislost na průtocích, které jsou nejnižší v letním období. Přítomnost rašelinišť v povodí Rolavy a Načetínského potoka se projevila na pH o trochu výraznějšími změnami hodnot v průběhu roku. Nejnižších hodnot je dosahováno během zimy a jara. Nejnižší hodnoty konduktivity jsou na všech profilech měřeny na jaře, avšak změny v rámci roku na Rolavě a Načetínském potoce nejsou výrazné. Na Svatavě je kromě jarního poklesu v profilu SVA–KLI mírné zvýšení koncentrací v zimě a v profilu SVA–KRA malé navýšení v létě a na podzim. U hodnot BSK<sub>5</sub>, které jsou k dispozici pouze pro české profily, jsou na Rolavě a na Svatavě měřeny vyšší hodnoty v zimě a v létě a nižší naopak na jaře a na podzim. Na Načetínském potoce jsou nejvyšší hodnoty v zimě a postupně během roku klesají až k podzimnímu minimu.

Hodnoty CHSK a TOC (obrázek 35) mají stejné chování během roku téměř na všech profilech. Na obou profilech Načetínského potoka jsou nejnižší hodnoty v zimě a postupně se během roku zvyšují až ke svému podzimnímu maximu. V profilu NAC–NAC je právě zmiňovaná výjimka u parametru TOC, kdy nejvyšších hodnot je dosahováno už v létě a na podzim je mírné snížení. V profilech ROL–NH a SVA–KRA mají oba parametry nejnižší hodnoty v zimě s postupným nárůstem až k letnímu maximu a opětovné podzimní snížení. V profilu SVA–KLI je vývoj zcela odlišný od předešlých profilů, výrazně vyšší hodnoty se vyskytují v zimě a na jaře, v létě jsou naopak nejnižší koncentrace.



Obrázek 35: Změny koncentrací TOC v závislosti na roční době  
(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Koncentrace dusičnanového dusíku na Načetínském potoce a na Rolavě vykazují stejné chování, kdy nejvyšší koncentrace jsou během zimy a následně dochází ke snižování až na letní minimum a na podzim je opětovně mírný nárůst. Na Svatavě je odlišný roční vývoj, kdy jsou opět nejvyšší koncentrace v zimě, avšak nejnižší hodnoty jsou už na jaře a následně dochází během léta a podzimu k mírnému nárůstu hodnot.

Roční průběh koncentrací celkového fosforu je na všech sledovaných profilech velmi různorodý. V profilu SVA–KLI jsou nejvyšší koncentrace na jaře, v zimě jsou nepatrně nižší, v létě a na podzim pak nejnižší. Naopak v profilech SVA–KRA a ROL–NH jsou nejvyšší koncentrace v létě, a naopak nejnižší hodnoty na jaře. V profilu NAC–NAC jsou nejnižší koncentrace v zimě a kulminují během léta. V profilu NAC–ROT jsou nejnižší koncentrace během jara, poté se postupně zvyšují až ke svému maximu na podzim. U fosforečnanů je roční průběh koncentrací ve všech profilech totožný. Nejvyšší koncentrace se vyskytují v létě a nejnižší na jaře. Koncentrace během zimy jsou jen nepatrně vyšší než na jaře.

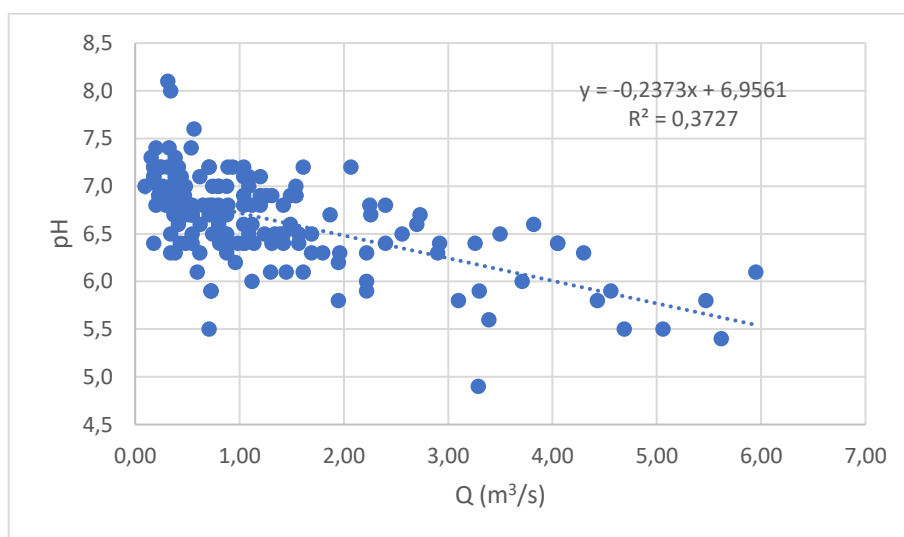
Roční chod sledovaných bazických iontů je na Načetínském potoce a Rolavě velmi rovnoměrný. V profilu SVA–KRA jsou koncentrace sodíku během roku také velmi vyrovnané, avšak v profilu SVA–KLI je patrné značné zvýšení koncentrací v zimě. U ročního vývoje koncentrací draslíku a vápníku na řece Svatavě lze pozorovat během léta a podzimu zvýšení. U koncentrací železa jsou na Rolavě oproti zbylým profilům největší výkyvy hodnot během roku se zřetelným letním maximem a naopak s výrazným jarním minimem. Na Načetínském potoce je znatelný pokles na jaře. Na Svatavě jsou maximální hodnoty během zimy a minimální během léta.

## 5.7 Vzájemný vztah parametrů a stanic

V rámci této kapitoly jsou zkoumány korelace jednotlivých parametrů na Q a dále vzájemně mezi sebou pomocí Pearsonova koeficientu, všechny příslušné korelační matice jsou v přílohách 4–8. Případy, kdy byla vzájemná závislost vysoká, jsou dále zobrazeny pomocí metody lineární regrese. V poslední části došlo k vzájemnému srovnání odběrových profilů pomocí PCA analýzy.

### 5.7.1 Vzájemný vztah vybraných parametrů jakosti vody a Q

Na všech profilech se projevila silná negativní korelace mezi pH a průtokem, kdy nejsilnější byla na Načetínském potoce (obrázek 36), na Svatavě menší a na Rolavě ještě o něco nižší. Negativní korelace se objevila také mezi teplotou vody a průtokem, a to nejvýrazněji na Rolavě a slaběji na Svatavě, na Načetínském potoce byla nejslabší. Negativní závislost konduktivity a průtoku byla zjištěna na Načetínském potoce a na Svatavě. Negativní korelace všech bazických iontů na průtoku byly objeveny na Svatavě a Rolavě. Na Načetínském potoce je silná negativní závislost na průtoku pouze u sodíku.

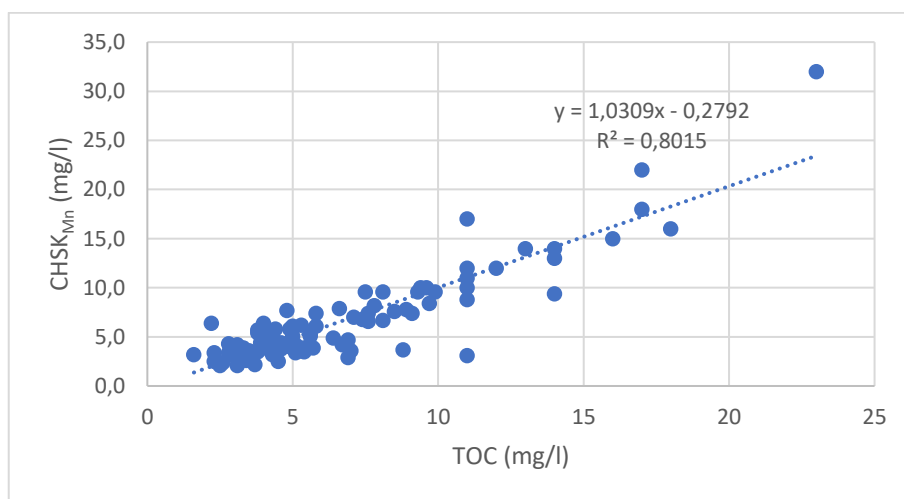


Obrázek 36: Graf vzájemného vztahu průtoku a pH v profilu NAC–NAC (zdroj dat: Povodí Ohře)

Vzájemná korelace  $CHSK_{Mn}$  a průtoku se na Svatavě projevila pouze v profilu SVA–KRA, a to jako slabá pozitivní. Na obou profilech Načetínského potoka je střední pozitivní vztah mezi průtokem a parametry CHSK a TOC. Ukázala se zde i pozitivní korelace mezi průtokem a železem. Na Rolavě se neprokázala žádná výrazná souvislost mezi průtokem a CHSK, TOC a železem.

### 5.7.2 Vzájemný vztah mezi vybranými parametry jakosti vody

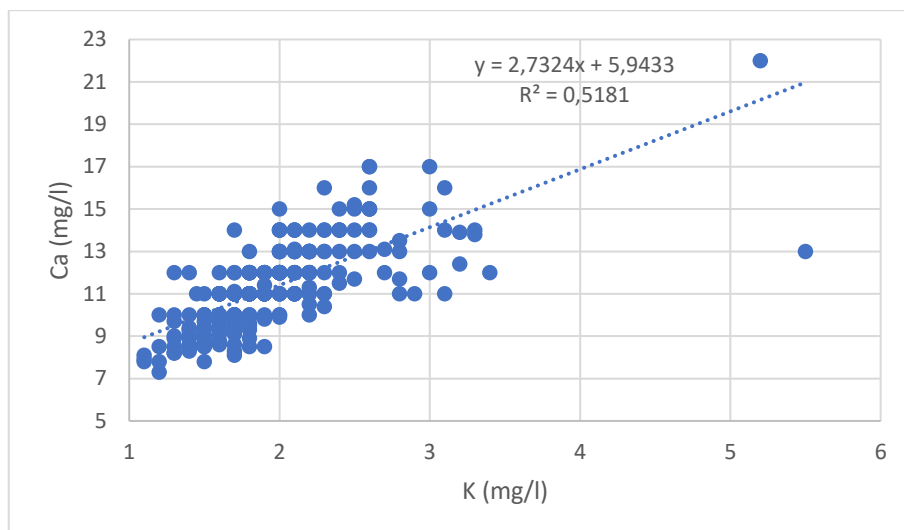
Velmi silná korelace na všech profilech kromě SVA–KRA je mezi hodnotami TOC a CHSK, příklad z profilu NAC–NAC, kde je vidět silná lineární závislost, je zobrazen na obrázku 37. V profilu SVA–KLI a NAC–ROT je dále silná závislost mezi celkovým množstvím fosforu a parametry TOC a CHSK. Na Načetínském potoce jsou středně silně negativně korelovány koncentrace CHSK s konduktivitou a sodíkem.



Obrázek 37: Graf vzájemného vztahu CHSK<sub>Mn</sub> a TOC v profilu Načetín (zdroj dat: Povodí Ohře)

V profilu SVA–KLI je velmi silná pozitivní korelace mezi TOC a železem, v profilu ROL–NH je silná pozitivní korelace mezi železem a CHSK a na Načetínském potoce je silná pozitivní závislost mezi železem a TOC i CHSK. Závislost pH a teploty vody se prokázala na všech profilech jako slabě kladná. Střední záporná korelace se na Načetínském potoce projevila mezi koncentrací dusičnanového dusíku v závislosti na pH a teplotě vody.

Všechny korelace mezi bazickými ionty a konduktivitou jsou pozitivní. Na Načetínském potoce je silná korelace mezi konduktivitou a vápníkem, s draslíkem a sodíkem je závislost o něco nižší. Na Svatavě je velmi silný vztah mezi konduktivitou a sodíkem, s ostatními bazickými ionty je souvislost o něco nižší. Střední pozitivní závislost draslíku a vápníku s koncentracemi dusičnanového dusíku se projevila na Načetínském potoce a profilu SVA–KLI. Při analýze vzájemných vztahů bazických iontů je patrné, že na Svatavě je silná pozitivní korelace mezi vápníkem a draslíkem (obrázek 38), se sodíkem je korelace o něco nižší. Na Rolavě a Načetínském potoce je silná kladná korelace vzájemně mezi všemi bazickými ionty.

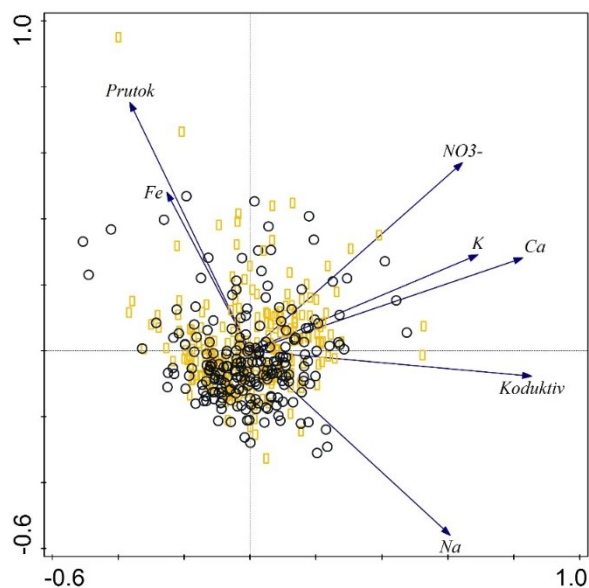


Obrázek 38: Graf vzájemného vztahu draslíku a vápníku v profilu Klingenthal (zdroj dat: LFULG)

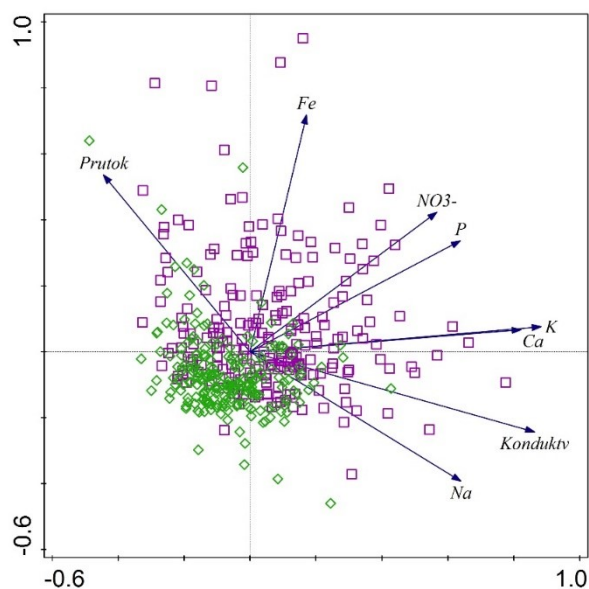
### 5.7.3 Vzájemné porovnání podobnosti jednotlivých profilů

Při vzájemném porovnání profilů Načetínského potoka (obrázek 39) pomocí PCA analýzy jsou si oba profily velmi podobné. V profilu NAC–NAC jsou měřeny vyšší hodnoty dusičnanového dusíku, draslíku a vápníku než v profilu NAC–ROT, kde jsou tyto hodnoty umístěny blíže středu grafu. V obou profilech jsou podobné hodnoty konduktivity. Mezi průtokem a množstvím železa a sodíku je negativní vztah. Při srovnání profilů SVA–KLI a SVA–KRA (obrázek 40) je jednoznačně znatelné, že jsou v profilu SVA–KRA měřeny vyšší hodnoty železa, dusičnanového dusíku, celkového fosforu, draslíku, vápníku, konduktivity a sodíku. V těchto profilech je silná korelace mezi bazickými ionty a konduktivitou, které vysvětlují značnou část dat, a také mezi dusičnanovým dusíkem a množstvím celkového fosforu. Mezi průtokem a sodíkem s konduktivitou je negativní korelace. V rámci srovnání těchto čtyř profilů je zřejmé, že bazické ionty a konduktivita jsou výrazně vyšší na Svatavě, dusičnanový dusík a železo jsou vyšší v SVA–KRA a NAC–NAC.





Obrázek 39: PCA pro vybrané parametry profilů na Načetínském potoce  
(žlutá = NAC–NAC, černá = NAC–ROT)  
(zdroje dat: zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)



Obrázek 40: PCA pro vybrané parametry profilů na Svatavě  
(fialová = SVA–KRA, zelená = SVA–KLI)  
(zdroje dat: zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

## 5.8 Trendy vybraných parametrů jakosti vody

Podrobné zkoumání měsíčních a ročních trendů všech parametrů bylo provedeno pomocí Mann-Kendallova statistického testu. Výsledky trendů teploty vody ukázaly signifikantní roční nárůst teploty vody na obou profilech na Svatavě a v profilu NAC–ROT. Na Svatavě bohužel byly dostupné kratší datové řady týkající se teploty vody. V profilech ROT–NH a NAC–NAC není žádný signifikantní trend teploty vody. V profilu NAC–ROT je výrazný

měsíční nárůst teploty vody v dubnu. Teplota vody je velmi proměnlivý parametr, který závisí na roční i denní době odběru, a z toho důvodu, že nejsou k dispozici data kontinuálního měření, není možné výsledky Mann-Kendallova testu u tohoto parametru jednoznačně interpretovat. Přehled výsledků Mann-Kendallova testu je uveden v příloze 9.

Trendy pH, zobrazeny v tabulce 26, jsou mnohem výraznější než u teploty vody. Ve všech profilech je odhalen roční nárůst hodnoty pH, až na kratší sledované období profilu SVA–KRA, což je pravděpodobně způsobeno tím, že data končí rokem 2008, a tedy se trend od roku 1993 nemusel projevit. Na Svatavě došlo ke zvýšení měsíčních hodnot pH na jaře a v létě. Na Rolavě je signifikantní měsíční nárůst pH od května do července a v říjnu. V profilu NAC–ROT je nárůst pH pozorován v zimě, na jaře a v říjnu, zatímco v profilu NAC–NAC jsou pozitivní výrazné měsíční trendy pH na jaře a v létě. Tato nerovnováha ve výsledcích ze stejného odběrného místa může být způsobena tím, že data pH z profilu NAC–NAC jsou k dispozici pouze do roku 2008.

Tabulka 26: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **pH** v období 1993–2018 (SVA–KR85 1985–2018)

	SVA–KLI		SVA–KR85		SVA–KRA		ROL–NH		NAC–ROT		NAC–NAC	
	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value
leden	1,036	0,300	-0,031	0,975	0,128	0,898	1,592	0,111	2,231	0,026	0,495	0,621
únor	0,463	0,644	0,543	0,587	1,047	0,295	0,990	0,322	2,258	0,024	1,728	0,084
březen	1,535	0,125	2,330	0,020	2,282	0,022	-0,992	0,321	3,241	0,001	2,185	0,029
duben	2,027	0,043	1,583	0,113	0,596	0,551	1,897	0,058	2,250	0,024	2,339	0,019
květen	3,079	0,002	2,346	0,019	1,320	0,187	2,428	0,015	2,156	0,031	2,046	0,041
červen	1,075	0,282	1,181	0,238	0,573	0,567	2,955	0,003	0,232	0,817	1,993	0,046
červenec	1,497	0,134	1,567	0,117	1,657	0,098	2,236	0,025	1,553	0,120	2,207	0,027
srpen	2,964	0,003	3,504	0,000	1,946	0,052	0,374	0,708	-0,288	0,774	2,086	0,037
září	1,913	0,056	3,268	0,001	2,737	0,006	1,664	0,096	1,904	0,057	2,711	0,007
říjen	1,156	0,248	0,655	0,512	1,506	0,132	2,741	0,006	2,175	0,030	1,721	0,085
listopad	-0,621	0,535	0,126	0,899	0,046	0,963	1,483	0,138	0,693	0,488	1,832	0,067
prosinec	-0,498	0,618	2,264	0,024	1,934	0,053	-0,765	0,444	2,735	0,006	1,200	0,230
rok	3,090	0,002	2,477	0,013	1,895	0,058	2,791	0,005	3,997	0,000	3,602	0,000

(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Výsledky Mann-Kendallova testu pro konduktivitu (příloha 10) vykazují jasný roční trend poklesu hodnot na Rolavě a Načetínském potoce. Na Rolavě byl pokles zjištěn dokonce i pro všechny měsíce. V profilu NAC–NAC jsou signifikantní měsíční poklesy konduktivity od ledna do září, v profilu NAC–ROT je tento pokles pozorován od února do července. Pro Svatavu byl naopak odhalen jen jediný výrazný pokles, a to v květnu v profilu SVA–KLI.

Analýza trendů hodnot BSK<sub>5</sub> byla signifikantní pouze pro řeku Svatavu. Pro delší období 1985–2018 v profilu SVA–KRA je ve všech měsících výrazný pokles hodnot. Pro kratší období je pozorován měsíční pokles od listopadu do února a pak v květnu, červnu a srpnu. Pro obě časová období je signifikantní roční pokles hodnoty. Na Rolavě a Načetínském potoce není pozorován žádný významný trend. Výsledky Mann-Kendallova testu jsou zobrazeny v příloze 11.

Při hodnocení trendů CHSK byly stejně jako u BSK<sub>5</sub> identifikovány trendy hlavně na řece Svatavě. V profilu SVA–KRA v delším sledovaném období je signifikantní roční pokles koncentrace CHSK. V delším období je významný měsíční pokles od února do května a od srpna do listopadu. V kratším sledovaném období je tento měsíční trend pouze v únoru, březnu, květnu a listopadu. V profilu SVA–KLI vyšly trendy trochu odlišně. Signifikantní měsíční pokles je pro únor, červen a srpen. V tomto profilu je dokonce identifikován nárůst hodnot CHSK v dubnu. Tyto odlišnosti mohou být způsobeny kratší datovou řadou profilu SVA–KRA. Na Rolavě je pozorována pouze jediná změna, a to nárůst koncentrace v březnu. Na obou profilech Načetínského potoka není indikován žádný trend (tabulka 27).

Tabulka 27: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **CHSK** v období 1993–2018 (SVA–KR851985–2018)

	SVA–KLI		SVA–KR85		SVA–KRA		ROL–NH		NAC–ROT		NAC–NAC	
	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value
leden	-0,065	0,948	-1,945	0,052	-1,244	0,214	0,539	0,590	-0,362	0,717	1,532	0,126
únor	-2,338	0,019	-3,455	0,001	-2,633	0,008	0,188	0,851	-0,898	0,369	-1,426	0,154
březen	0,348	0,728	-2,859	0,004	-2,086	0,037	2,119	0,034	0,461	0,645	0,175	0,861
duben	2,317	0,021	-3,383	0,001	-1,474	0,141	-0,150	0,881	1,043	0,297	0,050	0,960
květen	-0,615	0,539	-3,448	0,001	-2,347	0,019	-0,209	0,835	1,533	0,125	0,908	0,364
červen	-2,237	0,025	-1,894	0,058	-1,442	0,149	0,718	0,472	0,486	0,627	-1,403	0,161
červenec	1,820	0,069	-1,104	0,270	1,017	0,309	0,843	0,399	0,091	0,927	0,724	0,469
srpen	-2,088	0,037	-2,930	0,003	-1,495	0,135	0,490	0,624	0,419	0,675	-0,341	0,733
září	-1,370	0,171	-2,216	0,027	-0,226	0,821	1,668	0,095	-0,211	0,833	-1,109	0,268
říjen	-0,716	0,474	-2,484	0,013	-0,933	0,351	-0,078	0,938	-1,170	0,242	0,630	0,528
listopad	-0,268	0,789	-3,718	0,000	-2,360	0,018	-1,306	0,192	0,548	0,583	-0,454	0,650
prosinec	-1,034	0,301	-0,271	0,786	0,448	0,654	1,359	0,174	0,768	0,442	1,516	0,130
rok	-0,974	0,330	-4,086	0,000	-1,889	0,059	1,830	0,067	0,454	0,650	0,181	0,856

(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

U výsledků trendů TOC (příloha 12) je signifikantních pouze pár hodnot. Výrazné měsíční poklesy jsou pro květen v profilu SVA–KLI a červen v profilu ROL–NH. Naopak významné měsíční nárůsty jsou identifikovány v listopadu v profilu SVA–KLI, v říjnu v profilu SVA–KRA a v červnu v profilu NAC–NAC. V profilu NAC–ROT nebyl indikován žádný trend. Trendy CHSK a TOC si v žádném měsíci pro kratší časové období nerozporují.

Výsledky Mann-Kendallova testu dusičnanového dusíku, zobrazené v tabulce 28, ukázaly ve všech profilech signifikantní roční pokles koncentrací. Pro oba profily na Načetínském potoce je indikován zcela stejný trend, a to výrazný měsíční pokles ve všech měsících kromě listopadu. Na Rolavě je signifikantní měsíční pokles ve všech měsících kromě dubnu, srpnu a prosince. V profilu SVA–KLI byl ve všech měsících indikován statisticky významný pokles koncentrace. V profilu SVA–KRA je signifikantní pokles ve všech měsících kromě ledna, května, srpna a listopadu. Pro delší časovou řadu v profilu SVA–KRA se záporné měsíční trendy vyskytují pouze pro únor, červen a prosinec. Ve všech čtyřech případech jsou trendy stejné pro obě časová období. Fakt, že v delší časové řadě je méně průkazných trendů napovídá tomu, že hlavní změny v koncentracích probíhaly až od roku 1993.

Tabulka 28: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **dusičnanový dusík** v období 1993–2018 (SVA–KR851985–2018)

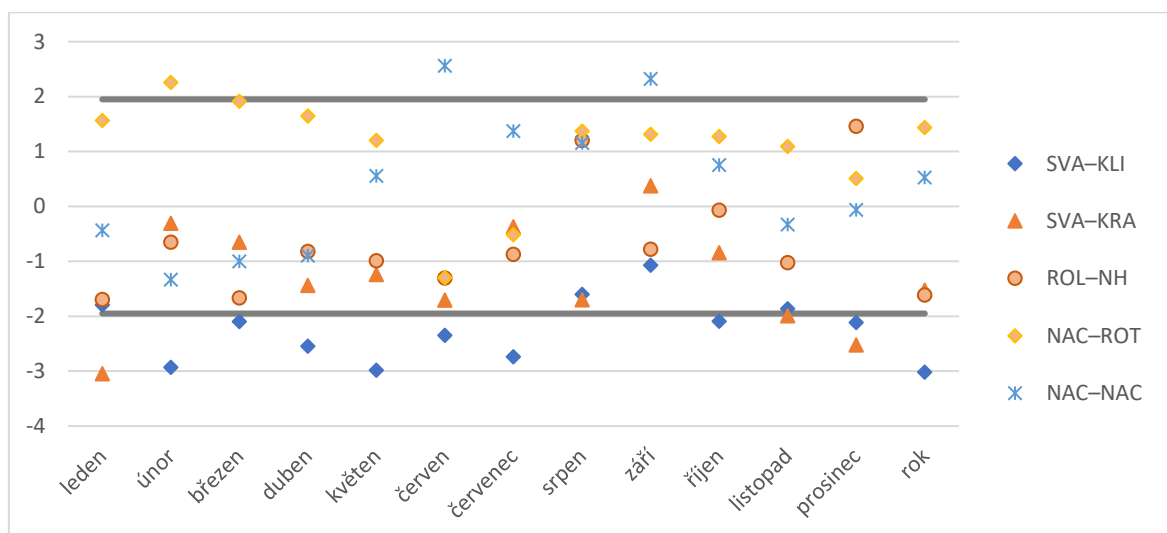
	SVA–KLI		SVA–KR85		SVA–KRA		ROL–NH		NAC–ROT		NAC–NAC	
	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value
leden	-3,059	0,002	-1,564	0,118	-1,888	0,059	-3,822	0,000	-3,884	0,000	-3,672	0,000
únor	-2,971	0,003	-2,249	0,025	-2,223	0,026	-2,672	0,008	-4,336	0,000	-3,038	0,002
březen	-3,691	0,000	-1,598	0,110	-2,309	0,021	-2,683	0,007	-4,110	0,000	-4,411	0,000
duben	-3,581	0,000	-3,746	0,000	-3,499	0,000	-1,917	0,055	-3,775	0,000	-3,251	0,001
květen	-3,529	0,000	-1,923	0,054	-1,516	0,130	-2,754	0,006	-4,288	0,000	-3,464	0,001
červen	-2,527	0,011	-2,510	0,012	-2,971	0,003	-2,714	0,007	-3,781	0,000	-3,341	0,001
červenec	-2,518	0,012	-1,699	0,089	-2,710	0,007	-2,592	0,010	-3,553	0,000	-4,132	0,000
srpen	-2,741	0,006	-1,549	0,121	-1,625	0,104	-1,880	0,060	-3,612	0,000	-3,925	0,000
září	-3,603	0,000	-1,904	0,057	-2,022	0,043	-2,370	0,018	-3,667	0,000	-3,871	0,000
říjen	-3,533	0,000	-0,477	0,633	-1,983	0,047	-4,164	0,000	-2,323	0,020	-3,160	0,002
listopad	-2,929	0,003	-1,255	0,210	-1,676	0,094	-2,714	0,007	-1,884	0,060	-1,902	0,057
prosinec	-2,203	0,028	-2,828	0,005	-2,452	0,014	-0,805	0,421	-3,333	0,001	-2,599	0,009
rok	-4,739	0,000	-3,558	0,000	-3,616	0,000	-4,629	0,000	-5,537	0,000	-4,303	0,000

(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Hodnoty koncentrací fosforečnanů jsou k dispozici pouze pro české profily. V delší časové řadě profilu SVA–KRA je ve všech měsících kromě března indikován signifikantní měsíční pokles koncentrace. Pro kratší časovou řadu je znatelný měsíční pokles pouze v lednu, srpnu a prosinci. Avšak pro obě časová období vyšel negativní roční trend. Naopak pro ROL–NH a NAC–NAC jsou roční trendy pozitivní. Na Rolavě jsou dále výrazné nárůsty koncentrací v lednu, květnu a listopadu. Pro profil NAC–NAC je významný měsíční nárůst od června do října, v lednu a dubnu. Výsledky Mann-Kendallova testu jsou zobrazeny v příloze 13.

U hodnot celkového fosforu (obrázek 41, příloha 14) je méně výrazných trendů než u fosforečnanů. Signifikantní roční trend je odhalen pouze na profilu SVA–KLI, kde zároveň byl ve většině měsíců dokumentován významný měsíční pokles kromě ledna, srpna, září a

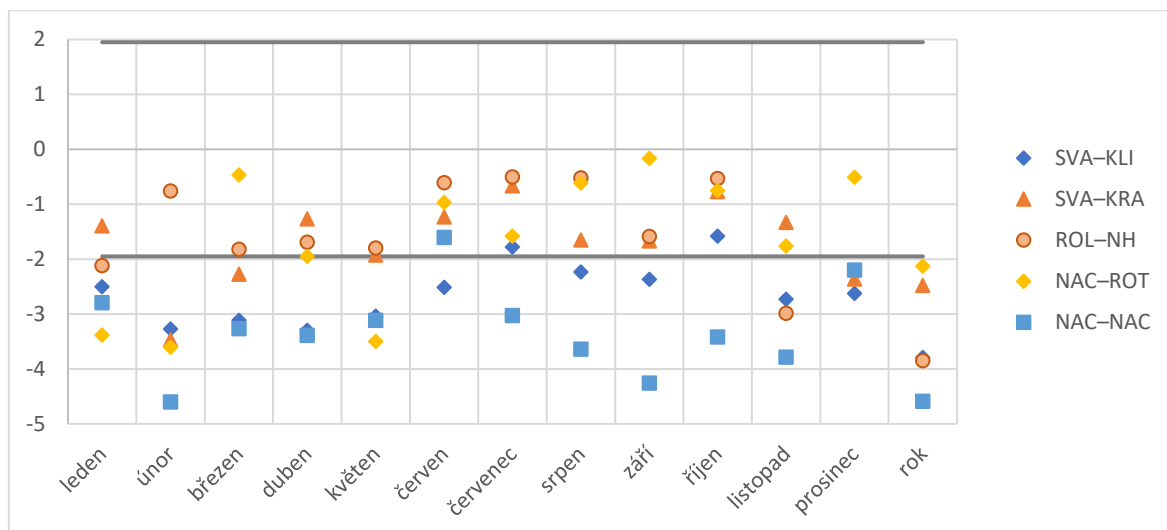
listopadu. Naopak v profilu SVA–KRA je měsíční pokles v lednu, listopadu a prosinci. Na Rolavě není žádný trend. Stejně jako u fosforečnanů jsou na Načetínském potoce pozitivní trendy. V profilu NAC–ROT je to měsíční nárůst v únoru a v profilu NAC–NAC jsou to měsíční nárůsty v červnu a v září.



Obrázek 41: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **celkový fosfor** v období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Výsledky Mann-Kendallova testu pro sodík, zobrazeny v příloze 15, ukázaly jen několik signifikantních trendů. Roční významný nárůst koncentrace sodíku byl v profilech SVA–KLI a NAC–ROT. Naopak na ROT–NH byl roční trend záporný. Zároveň zde je i měsíční pokles koncentrací v květnu a listopadu. V SVA–KRA a NAC–ROT je výrazný měsíční nárůst v červnu. V SVA–KLI je nejvíce významných měsíčních nárůstů koncentrací, konkrétně v lednu, červenci, září, říjnu a prosinci.

Mann-Kendallův test pro koncentrace draslíku (obrázek 42, příloha 16) ukázal ve všech profilech signifikantní roční pokles. V profilu SVA–KLI je významný měsíční pokles ve všech měsících kromě července a října, zatímco v profilu SVA–KRA je indikován měsíční pokles pouze v únoru, březnu a prosinci. Na ROL–NH je signifikantní měsíční pokles pouze v lednu a listopadu. V profilu NAC–ROT je významný pokles koncentrací v lednu, únoru a květnu. V profilu NAC–NAC jsou měsíční trendy mnohem výraznější, kdy jediný měsíční nesignifikantní trend je v červnu.



Obrázek 42: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **draslík** v období 1993–2018  
(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Testování trendů vápníku (tabulka 29) je skoro ve všech profilech velmi jednoznačný. Ve všech profilech je velmi výrazný roční pokles koncentrací. Na Načetínském potoce je trend na obou profilech totožný, a to pokles ve všech měsících. Na ostatních profilech nejsou signifikantní měsíční trendy vždy v září a prosinci, a pak jen v některých měsících. Na Rolavě jsou to ještě únor a říjen, v profilu SVA–KRA červenec a v delší časové řadě v profilu SVA–KLI je signifikantní měsíční pokles koncentrace od ledna do června a v listopadu.

Tabulka 29: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **vápník** v období 1993–2018 (SVA–KR851985–2018)

	SVA–KLI		SVA–KR85		SVA–KRA		ROL–NH		NAC–ROT		NAC–NAC	
	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value
leden	-2,809	0,005	-3,421	0,001	-2,669	0,008	-2,576	0,010	-3,496	0,000	-4,034	0,000
únor	-2,481	0,013	-3,445	0,001	-2,430	0,015	-1,699	0,089	-2,847	0,004	-4,271	0,000
březen	-3,352	0,001	-2,643	0,008	-2,308	0,021	-2,205	0,027	-3,878	0,000	-4,466	0,000
duben	-2,208	0,027	-2,983	0,003	-2,911	0,004	-3,192	0,001	-3,752	0,000	-4,605	0,000
květen	-2,882	0,004	-2,885	0,004	-2,658	0,008	-2,751	0,006	-4,210	0,000	-4,492	0,000
červen	-2,052	0,040	-1,158	0,247	-2,029	0,042	-3,290	0,001	-2,434	0,015	-3,175	0,001
červenec	-0,924	0,356	-2,124	0,034	-1,300	0,194	-3,017	0,003	-3,083	0,002	-4,036	0,000
srpen	-1,025	0,305	-2,146	0,032	-2,517	0,012	-2,773	0,006	-3,126	0,002	-4,450	0,000
září	-0,833	0,405	-1,901	0,057	-1,854	0,064	-1,708	0,088	-3,198	0,001	-3,744	0,000
říjen	-1,232	0,218	-3,300	0,001	-2,678	0,007	-1,237	0,216	-2,320	0,020	-3,510	0,000
listopad	-2,272	0,023	-3,655	0,000	-2,786	0,005	-3,429	0,001	-2,560	0,010	-3,454	0,001
prosinec	-1,673	0,094	-1,521	0,128	-0,952	0,341	-0,939	0,348	-2,591	0,010	-2,527	0,011
rok	-3,307	0,001	-4,492	0,000	-3,901	0,000	-3,707	0,000	-4,951	0,000	-5,973	0,000

(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Jak už se projevilo v předchozích analýzách extrémních hodnot, koncentrace železa mají různý vývoj. V profilu SVA–KLI je signifikantní měsíční nárůst koncentrací od září do prosince, v dubnu, červnu a červenci. Avšak zde není průkazný roční trend, naopak na Rolavě je statisticky významný pouze pozitivní roční trend. V delší časové řadě profilu SVA–KRA je významný záporný roční trend a také měsíční poklesy v únoru, srpnu, říjnu a listopadu. U kratší časové řady je jen jeden signifikantní měsíční pokles, a to v listopadu. Zvláštní je, že v profilu SVA–KLI jsou zaznamenávány nárůsty hodnot, a naopak v profilu SVA–KRA poklesy. Tyto odlišnosti mohou být pravděpodobně způsobeny různými analytickými metodami. V profilu NAC–ROT je záporný roční trend a další měsíční poklesy v červnu, srpnu a září. V profilu NAC–NAC není indikován žádný výrazný trend. Všechny výsledky Mann-Kendallova testu jsou zobrazeny v tabulce 30.

Tabulka 30: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **železo** v období 1993–2018  
(SVA–KR851985–2018)

	SVA–KLI		SVA–KR85		SVA–KRA		ROL–NH		NAC–ROT		NAC–NAC	
	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value
leden	0,915	0,360	-0,941	0,347	-0,926	0,355	0,991	0,322	-0,684	0,494	1,572	0,116
únor	-1,496	0,135	-2,776	0,006	-1,613	0,107	0,268	0,788	-1,939	0,052	-1,330	0,183
březen	1,368	0,171	-0,678	0,498	-0,372	0,710	1,783	0,075	-0,611	0,541	0,264	0,792
duben	2,023	0,043	-1,805	0,071	-1,454	0,146	1,562	0,118	0,124	0,901	0,162	0,871
květen	1,798	0,072	-1,915	0,056	-0,905	0,366	0,960	0,337	-1,185	0,236	1,946	0,052
červen	2,311	0,021	-1,738	0,082	-0,970	0,332	0,055	0,956	-2,226	0,026	0,907	0,365
červenec	2,453	0,014	0,357	0,721	0,819	0,413	0,686	0,493	-1,412	0,158	1,087	0,277
srpen	1,444	0,149	-2,066	0,039	-0,604	0,546	0,834	0,404	-1,964	0,050	-0,311	0,756
září	2,060	0,039	-1,397	0,162	0,265	0,791	1,952	0,051	-2,817	0,005	-0,257	0,797
říjen	2,766	0,006	-2,018	0,044	-1,192	0,233	1,288	0,198	-0,417	0,677	0,211	0,833
listopad	2,027	0,043	-4,137	0,000	-3,449	0,001	0,990	0,322	0,192	0,848	-1,749	0,080
prosinec	2,451	0,014	-0,227	0,820	0,289	0,773	1,315	0,188	0,278	0,781	0,602	0,547
rok	1,896	0,058	-2,831	0,005	-1,521	0,128	3,131	0,002	-3,036	0,002	-0,639	0,523

(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

## 6 Shrnutí výsledků a diskuze

Problematika kvality vody a její souvislosti se změnou využívání krajiny (Oulehle, Hruška 2009, Stuchlík et al. 2017), změnou klimatu (Bates et al. 2008, Worral et al. 2006, Evans et al. 2005, Ritson et al. 2014), extremitou srážko-odtokových událostí (Easterling et al. 2000) a vyšší intenzitou suchých období (Macura et al. 2006) je stále aktuálním tématem výzkumných studií. Při porovnávání výsledků s jinými publikacemi je potřeba brát zřetel nejen na různá časová období zkoumaných jevů a datových souborů, ale i na rozdílné fyzicko-geografické podmínky zkoumaných lokalit.

Při hodnocení teploty vody bylo zjištěno, že je nejvyšší průměrná teplota naměřena na Svatavě, naopak nejnižší na Rolavě. Celkově nižší průměrné teploty vody na Rolavě jsou ovlivněny vyšší nadmořskou výškou povodí. V povodí Svatavy má na teplotu vody rovněž vliv přítomnost sídel a větších bodových zdrojů znečištění. Dostupné datové řady teploty povrchové vody byly měřeny pouze v době odběru (1x měsíčně) a zároveň mají rozdílnou délku. Není tedy optimální porovnávat výsledky z jednotlivých profilů, protože teplota vody je velmi proměnlivý parametr, který má denní i roční chod a zároveň závisí na času odběru povrchové vody. Vliv doby měření během dne na vyšší hodnoty teploty vody zdůrazňovala i Kočárková (2016) ve své práci z pramenné oblasti Rolavy. Při hodnocení trendů teploty povrchové vody byl na Svatavě a v profilu NAC–ROT odhalen signifikantní roční nárůst teploty vody. Nárůst teploty vody byl indikován i pro některé měsíce, například duben a květen. Nárůst teploty vody je ovlivněn zvýšením teploty vzduchu (Hrdinka et al. 2012, van Vliet a Zwolsman 2008, Ziellnski et al. 2009), jejíž signifikantní nárůst v těchto povodích byl zjištěn v pracích Navrátilové (2018) a Vlacha (2019).

Hodnoty pH se v jednotlivých zájmových povodích velmi lišily. Nejvyšší hodnoty jsou dosahovány na Svatavě, kde je medián na obou profilech stejný. Nižší hodnoty pH dosahuje Načetínský potok. Zcela nejnižší hodnoty jsou měřeny na Rolavě, které jsou způsobeny nejvyšším zastoupením rašelinišť ze všech povodí. Ke stejným závěrům došli i Kočárková (2016) a Mánek (1998). Při analýze extrémních hodnot bylo zjištěno, že nejnižší hodnota pH se vyskytuje při jednom z nejvyšších průtoků a naopak že nejvyšší hodnota pH se vyskytuje při průtoku nižším než  $Q_{355}$ . Ke stejnému poznatku dospěli např. Kulasová et al. (2008) v experimentálním povodí Uhlířská. Výjimku tvořily koncentrace naměřené na Rolavě, kdy naopak během zjištěných čtyř nižších průtoků než  $Q_{355}$  byly dvakrát naměřeny nižší hodnoty než vypočtený 1. kvartil, což odpovídá pozorování Juckers a Watmough (2014). Při testování



korelace pomocí Pearsonova koeficientu byla zjištěna negativní korelace mezi průtokem a pH, což potvrdilo analýzu extrémních hodnot a spojitost se změnami během ročních období. Stejně jako u čtyř horských toků ve Skotsku jsou nejvyšší hodnoty v létě, kdy jsou nejnižší průtoky, a nejnižší na jaře v období jarního tání a zvýšení průtoků (Soulsby et al. 2001). Ke stejným pozorováním došel i Noskovič et al. (2013) ve slovenském toku Čaradice. Při zkoumání trendů byl na všech tocích indikován nárůst hodnoty pH ať už roční anebo pro vybrané měsíce. Tento trend souvisí pravděpodobně se snižováním emisí síry a dusíku (Stuchlík et al. 2017), což mělo za důsledek zvyšování pH půdy i vody (Růžek 2019) a také koncentrací bazických iontů (Hruška et al. 2006, 2009).

Hodnoty pH jsou v zájmových povodích ovlivněny přítomností rašelinišť, které mají vliv také na množství organických látek v toku, což se projevilo u parametrů CHSK a TOC. Mezi parametry TOC a CHSK je velmi silná závislost (Špringerová 2019), která je v této studii potvrzena Pearsonovým korelačním koeficientem. Pro německé profily je dostupný parametr  $CHSK_{Cr}$  a pro české profily  $CHSK_{Mn}$ . Každá metoda je vhodná pro různě znečištěné vody, proto nemůže dojít k přímému vzájemnému srovnání. Při analýze  $CHSK_{Mn}$  v českých profilech jsou nejvyšší hodnoty v profilu NAC–NAC, nižší průměrné hodnoty jsou na ROL–NH a zcela nejnižších hodnot je dosaženo v SVA–KRA. I u srovnání  $CHSK_{Cr}$  v německých profilech vycházejí obecně vyšší hodnoty na Načetínském potoce a nižší na Svatavě. Stejně jako u CHSK jsou nejnižší hodnoty TOC naměřeny na Svatavě. Zvýšené hodnoty CHSK a TOC jsou dány vyplavováním přírodních organických látek z rašelinišť a podmačených ploch, jak bylo ukázáno už na Šumavě (Mánek 1998), v povodí Blanice a Rolavy (Hryzáková 2006) a v povodích Zbytinského a Tetřívčího potoka (Altmann 2013, Bímová 2010). Vyšší koncentrace CHSK a TOC v povodí Načetínského potoka a Rolavy mají často za následek zhoršení kvality vody na II. třídu jakosti. K podobným výsledkům došla i Beranová (2011) v povodí Rolavy. Vývoj koncentrací CHSK a TOC během roku je velmi různorodý. Oba parametry mají nejnižší hodnoty v zimě a nejvyšší v létě, což je podle Kocuma et al. (2016) způsobeno produkcí organické hmoty během roku. V profilu SVA–KLI je vývoj zcela odlišný od předešlých profilů, výrazně vyšší hodnoty se vyskytují v zimě a na jaře, v létě jsou naopak nejnižší koncentrace. Toto chování může odrážet závislost na průtoku (Mánek 1998), která byla v řadě studií silná (Špringerová 2019, Novák 2012). V této práci byla identifikována pouze na Načetínském potoce, a to slabá. Při analýze trendů došlo k významnému ročnímu snížení koncentrací CHSK v profilu SVA–KRA pro kratší i delší datovou řadu.

Výskyt rašelinišť se také výrazně projevil na koncentracích železa, protože jejich přítomnost zvyšují koncentrace železa v toku (Wade et al. 1999). Nejvyšší hodnoty jsou měřeny na Rolavě, kde je zároveň nejvyšší podíl rašelinišť, které způsobily častější zhoršení třídy jakosti vody, což identifikovaly i studie Beranové (2011) na Rolavě a Hryzákové (2008) na horním toku Blanice. Téměř poloviční hodnoty jsou měřeny v profilech NAC–NAC a SVA–KRA. I když nejsou v povodí Svatavy žádná rašeliniště, v profilu SVA–KRA jsou přibližně stejné koncentrace železa jako v profilu NAC–NAC, což může být způsobeno převažujícím podílem jehličnatého lesa v povodí, který zvyšuje koncentrace železa v toku (Björnerås et al. 2017) a přítomností ČOV. Při srovnání koncentrací pro české a německé profily jsou v německých profilech měřeny mnohem nižší hodnoty, i když toto měření proběhlo ve stejný den. Vzhledem k tomu, že odběry provádějí dvě různé instituce, mohou používat různé metody měření, což může takto výrazně ovlivňovat výsledné koncentrace železa. PCA analýza identifikovala spíše slabou pozitivní korelaci mezi průtokem a železem. Souvislost vyšších koncentrací železa společně s vyššími průtoky zmiňuje i Björnerås et al. (2017), který analyzoval stovky povodí v Evropě a Severní Americe. Pearsonův koeficient odhalil silnou korelaci mezi železem a TOC s CHSK, kdy stejnému výsledku dospěl i Sarkkola et al. (2013) při studiu povodí ve východním Finsku. Při analýze trendů se ve většině měsíců v profilu SVA–KLI zvýšily hodnoty, naopak v profilu SVA–KRA došlo k poklesu v listopadu, což je protichůdný trend, který může být způsoben právě různými metodami měření koncentrace. Na Rolavě je signifikantní roční nárůst koncentrací stejně jako v analyzovaných švédských tocích během období 1972–2013, jen na řece Ume byl stejně jako na NAC–ROT zaznamenán pokles (Esktröm et al. 2016).

Hodnoty a trendy pH se značně odrážejí i v analýzách bazických iontů. Výsledky různých analýz sodíku, draslíku a vápníku jsou do značné míry podobné, což vysvětluje zjištění PCA analýzy i Pearsonova koeficientu, že mezi sledovanými bazickými ionty je silná pozitivní korelace. Koncentrace všech bazických iontů jsou stejně jako pH nejvyšší na Svatavě, v profilu SVA–KRA jsou o něco vyšší než v profilu SVA–KLI. V povodí Načetínského potoka jsou hodnoty nižší než na Svatavě, koncentrace na Rolavě jsou vždy nejnižší. Při analýze extrémních koncentrací bazických iontů často došlo ke zvýšením i ostatních parametrů. Nejvyšší koncentrace sodíku byla naměřena společně s vysokými hodnotami TOC, CHSK, konduktivity, celkového fosforu a vápníku. Společnou korelaci těchto hodnot potvrdila analýza PCA. Zcela nejvyšší koncentrace vápníku byla naměřena během nízkého průtoku společně s druhou nejvyšší koncentrací celkového fosforu. Tato maximální hodnota

je přibližně patnáctkrát vyšší než průměrná hodnota za období 1993–2018. V 80. letech proběhlo vápnění v části porostů v lesní správě Kraslice (Šrámek et al. 2014), což mohlo způsobit takto extrémní hodnotu. Obecně byly všechny vyšší koncentrace bazických iontů naměřeny během nízkých průtoků, což je způsobeno nižší ředící schopností toku (van Vliet a Zwolsman 2008, Hrdinka et al. 2012) nebo zvýšenou acidifikací (Juckers a Watmough 2014). Mezi bazickými ionty a průtokem existuje negativní korelace, kterou indikoval i Kopáček et al. (2017) na Vltavě. Negativní korelaci mezi koncentrací sodíku a průtokem potvrdila analýza PCA, což pozoroval i Ledesma et al. (2013) v boreálních povodích ve Švédsku. Analýza časového vývoje a testování trendů u sodíku nezjistily příliš prokazatelné výsledky. V profilech SVA–KLI a NAC–ROT došlo k ročním nárůstu koncentrací, na Rolavě, kde je avšak menší počet měření, naopak k poklesu. Nárůst koncentrací sodíku může být způsoben větším antropogenním znečišťováním, například nárůst v prosinci a v lednu může být ovlivněn rozrůstáním zastavěné plochy a s tím spojeným rozsáhlejším solením komunikací (Kopáček et al. 2017, Pitter 2009). Časový vývoj draslíku a vápníku na všech profilech ukázal jasný pokles, což následně statistiky potvrdila analýza ročních i měsíčních trendů, ke stejnému výsledku dospěl na Vltavě i Kopáček et al. (2017). Tento trend může mít souvislost s rostoucími hodnotami pH, jež způsobují menší uvolňování bazických iontů do vodního prostředí (Hruška et al. 2006, 2009).

Hodnoty bazických iontů jsou pozitivně korelovány s konduktivitou, což ukázala PCA analýza a Pearsonův koeficient. Stejná korelace byla pozorována i v rámci studie různých vlivů na chemismus povrchových vod během vegetačního období mezi lety 2007–2010 v Česku (Chuman et al. 2013). Stejně jako u pH a bazických iontů náleží nejvyšší hodnoty konduktivity Svatavě. V profilu SVA–KRA jsou naměřeny až na jednu výjimku vyšší hodnoty než v SVA–KLI, což může být ovlivněno znečištěním z ČOV. Hodnoty na Načetínském potoce jsou v průměru téměř o polovinu nižší. Medián a průměrná hodnota se na obou profilech rovnají, což jen potvrzuje fakt, že jsou obě odběrná místa totožná pro oba profily, navíc data pro oba profily jsou pro konduktivitu podobné kvality. Zcela nejnižší hodnoty, o polovinu nižší než na Načetínském potoce, jsou měřeny na Rolavě. Antropogenní zátěž výrazně ovlivňuje hodnoty konduktivity (Langhammer 2002), což napovídá, že nejvíce antropogenně ovlivněným tokem je Svatava. I Mánek (1998) zaznamenal nejnižší hodnoty konduktivity v nejméně ovlivněných oblastech. Časový vývoj hodnot konduktivity vykazoval ve všech profilech mírný pokles, což zaznamenala i Kočárková (2016) v povodí

Rolavy. Stejně jako v této práci identifikovala nejnižší hodnoty konduktivity na jaře, což vysvětluje slabá negativní korelace konduktivity a průtoku. Dále se souvislost s průtokem projevila při analýze kvality vody během období sucha, kdy na všech profilech kromě ROL–NH byly ve všech případech hodnoty konduktivity vyšší než 3. kvartil. Kočárková (2016) zaznamenala nejvyšší hodnoty konduktivity v létě, kdy byly zároveň naměřeny i nejnižší průtoky. Stejná závislost vysokých hodnot konduktivity při nízkých průtocích byla indikována na slovenské řece Čaradici (Noskovič et al. 2013). Výsledky testování dlouhodobých trendů ukázaly roční pokles konduktivity na Rolavě a Načetínském potoce, kde byl zároveň indikován signifikantní pokles draslíku, vápníku a na Rolavě i sodíku. Již zmíněná spojitost mezi bazickými ionty a konduktivitou pravděpodobně způsobila její snížení. I když na Svatavě byly odhaleny trendy poklesu bazických iontů, nedošlo zde k tak výraznému poklesu konduktivity. To může naznačovat, že konduktivitu zde ovlivňují i jiné parametry, a to napovídá výraznějšímu antropogennímu ovlivnění tohoto povodí.

Kromě rašelinišť kvalitu vody sledovaných povodí významně ovlivňuje antropogenní znečištění, což se projevilo zvýšením koncentrací vybraných parametrů hlavně v povodí Svatavy, jak už bylo naznačeno u konduktivity. Nejvyšší hodnoty BSK<sub>5</sub> byly naměřeny na Svatavě, kde jsou průměrné koncentrace téměř dvakrát vyšší než na zbylých dvou tocích. Časový vývoj hodnot BSK<sub>5</sub> ukázal na všech profilech mírný pokles, kdy nejvýraznější snížení bylo na Svatavě během 90. let. Při testování trendů byl zjištěn signifikantní roční pokles koncentrací na Svatavě, který může být způsoben vystavěním ČOV v roce 1995 a postupným zlepšováním čistících technologií. Stejný trend zlepšení jakosti vody se projevil i při zařazení jednotlivých let podle ČSN 75 7221.

U koncentrací dusičnanového dusíku jsou také nejvyšší hodnoty naměřeny na Svatavě. O trochu nižších hodnot je dosahováno na Načetínském potoce. Koncentrace na Rolavě jsou téměř čtvrtinové. Celkově vyšší hodnoty na Svatavě jen potvrzují předchozí tezi, že je to nejvíce antropogenně ovlivněné povodí. Při zařazování do tříd jakosti vody stále všechny hodnoty spadají do I. třídy, kdy k stejným výsledkům na Rolavě dospěla i Beranová (2011). Při analýze extrémních hodnot dusičnanového dusíku byly všechny hodnoty vyšší než 3. kvartil naměřeny při vysokých průtocích. Také Altman (2013) na Tetřívčím potoce indikoval vyšší koncentrace dusičnanového dusíku během vyšších průtoků. Naopak na Svatavě během období nízkých průtoků došlo také ke zvýšení koncentrace dusičnanového dusíku. Tento trend se vyskytuje na tocích, kde se vyskytují bodové zdroje znečištění a tok během suchého období ztrácí ředící schopnost (Hrdinka et al. 2012, van Vliet a Zwolsman

2008). Na Rolavě a v NAC–ROT už je tento trend nejednoznačný a v profilu NAC–NAC většinou došlo ke snížení hodnot, což je pravděpodobně způsobeno nedostatkem vstupů do toku (Ziellnski et al. 2009). Stejný výsledek byl pozorován i na řece Máze během dvou suchých let 1976 a 2003 (van Vliet a Zwolsman 2008). Roční chod koncentrací dusičnanového dusíku na Načetínském potoce a Rolavě pravděpodobně souvisí s aktivitou vegetace, která se mění v závislosti na ročních obdobích, tedy v zimě jsou hodnoty nejvyšší a postupně se snižují až do léta. Toto chování odpovídá zjištěným nízkým koncentracím dusičnanového dusíku, což naznačuje absenci výrazného antropogenního zdroje znečištění. Na Svatavě jsou nejvyšší hodnoty také v zimě, ale svého minima dosahují už na jaře během vyšších průtoků. Časový vývoj koncentrací dusičnanového dusíku se projevil ve všech profilech snížením hodnot, což bylo potvrzeno statistickou analýzou trendů. Podobně rozsáhlé trendy snižování koncentrací ve všech profilech je zároveň i u vápníku a draslíku, což indikuje určitou spojitost dusičnanového dusíku a bazických iontů, kterou potvrdilo do jisté míry i testování korelací. Vzájemnou korelaci dusičnanového dusíku a bazických iontů potvrzuje i Lucas et al. (2011).

Největší množství celkového fosforu je naměřeno na Svatavě, o více jak polovinu jsou nižší hodnoty v profilu NAC–ROT. V profilu NAC–NAC jsou hodnoty téměř o polovinu menší než v profilu NAC–ROT. Na Rolavě je dosahováno celkově nejnižších hodnot, které všechny spadají do I. třídy jakosti vody, ke stejným výsledkům došla i Beranová (2011). Při analýze extrémních hodnot byly nejvyšší koncentrace celkového fosforu naměřeny zároveň s vysokými koncentracemi TOC a CHSK. Tato silná korelace byla potvrzena i Pearsonovým koeficientem. Na Svatavě během nízkých průtoků dochází často ke zvyšování koncentrace celkového fosforu, což může být způsobeno menší ředící schopností toku (Kopáček et al. 2017, Hrdinka et al. 2012, van Vliet a Zwolsman 2008). Na Rolavě a ve třech případech v profilu NAC–NAC byly během nízkých průtoků naopak naměřeny nejnižší koncentrace. Kočárková (2016) také indikovala nejnižší koncentrace během nízkých průtoků, což odpovídá přírodnímu zdroji fosforu (Ziellnski et al. 2009). Na Svatavě dosahovaly hodnoty III. a IV. třídy jakosti, než byla postavena ČOV. Poté došlo ke zlepšení na II. třídu jakosti, které bylo viditelné i v časovém vývoji sledovaného období. Trend snižování koncentrací celkového fosforu potvrdil Mann-Kendallův test, kdy v profilu SVA–KLI byl indikován signifikantní pokles ve většině měsíců a také celkový roční pokles. V profilu SVA–KRA je už méně signifikantních poklesů, což je pravděpodobně způsobeno přítomností ČOV mezi danými profily. Hodnoty fosforečnanů jsou také nejvyšší na Svatavě, na Načetínském potoce

jsou téměř čtyřikrát nižší a na Rolavě nejnižší. Při analýze extrémních hodnot byla nejvyšší koncentrace naměřena při nízkém průtoku, a naopak nejnižší koncentrace během vysokého průtoku. Avšak naměřená korelace mezi průtokem a fosforečnany není moc signifikantní, čemuž odpovídá i vysoká variabilita hodnot během období sucha. Vztah koncentrací a ročního období ukazuje, že nejvyšší hodnoty jsou nejčastěji v létě, k čemuž dospěla i Kočárková (2016) na Rolavě. Testování trendů odhalilo signifikantní roční pokles na Svatavě, a naopak na Rolavě a Načetínském potoce je výrazný signifikantní roční nárůst.

Podobnosti i rozdíly sledovaných povodí se projeví různým vlivem na kvalitu vody. Například průměrná vyšší nadmořská výška povodí Rolavy se projevila nižšími teplotami vody oproti zbylým dvěma povodím. Největší podíl zastavěné plochy je v povodí Svatavy, nejmenší v povodí Rolavy, kde je zase naopak nevyšší podíl rašelinišť. Rozdílné vlivy obou typů ploch byly pozorovány v odlišných výsledcích provedených analýz.

Při testování trendů pomocí Mann-Kendallova testu se zvyšuje riziko výskytu chyby 1. řádu, protože případná autokorelace v datech zvyšuje pravděpodobnost zjištění signifikantního trendu. V rámci této práce byla použita verze Mann-Kendallova testu, která automaticky provádí korekci autokorelace, díky čemuž by případné chybně identifikované trendy měly být odstraněny.

Datové řady pro profil ROL–NH jsou často neúplné a dostupné pro kratší období. V ostatních českých profilech jsou data mnohem kvalitnější, jen teplota vody a TOC začínají na začátku tohoto tisíciletí. V profilu SVA–KLI zase teplota vody a CHSK končí o něco dříve. Další nejistota v profilu ROL–NH je v průtocích, které jsou pro limnigraf Nové Hamry pouze pro období 2005–2018, takže chybějící období 1995–2005 bylo vypočteno pomocí lineární regrese ze stanice Chaloupky na horním toku Rolavy.

V neposlední řadě je potřeba zmínit, že data byla odebírána dvěma různými institucemi, analytické metody a postupy se proto mohou lišit. Tento fakt se pravděpodobně nejvíce projevil na koncentracích železa, kdy data z německých profilů jsou výrazně nižší než z českých, přestože byly odebrány ve stejný den. Dále termíny odběru by měly dle standartních norem probíhat jednou za měsíc, čehož nebylo vždy dosaženo. Data jsou odebírána v nejméně měsíčních rozestupech, z tohoto důvodu nemusí být zachyceny všechny vlivy působící v povodí.

## 7 Závěr

Tato diplomová práce se zabývala analýzou geochemických parametrů jakosti vody pramenných oblastí horní Svatavy, Rolavy a Načetínského potoka nacházejících se v Krušných horách. Výsledky různých analýz odhalily, že na kvalitu vody v tocích působí řada vlivů. Kvalita vody je totiž v čase ovlivňována mnoha faktory, ať už to jsou antropogenní vlivy jako vypouštění odpadů nebo hydrometeorologické charakteristiky jako například změna průtoků a teploty, atmosférické depozice, anebo přirozené procesy, které probíhají v tocích.

Jednoznačný vliv na kvalitu vody má činnost člověka. Největší antropogenní ovlivnění se projevilo v povodí Svatavy, kde způsobilo zvýšení hodnot řady sledovaných parametrů. V tomto povodí se nachází nejvyšší podíl zastavěné plochy s největším počtem obyvatel a průmyslových objektů, které dohromady produkují značné množství odpadních vod, jež zhoršuje kvalitu vody oproti zbylým dvěma povodím. Obecně nejhorší kvalita vody ze všech profilů je v profilu SVA–KRA, což je pravděpodobně způsobeno tím, že se nachází za výpustí odpadních vod ČOV. Další významné ovlivnění kvality vody způsobila přítomnost rašelinišť, jež mají za následek snížení pH a zvýšení hodnot CHSK, TOC a železa v povodí Rolavy, které má největší podíl přírodní plochy, což potvrdilo jednu z výzkumných hypotéz. Povodí Načetínského potoka je svými vlastnostmi na pomezí zbylých dvou povodí. Nachází se zde méně rašelinišť než v povodí Rolavy a zároveň je zde menší zastoupení potenciálních komunálních a průmyslových odpadních vod než v povodí Svatavy, což se projevilo i na výsledcích analýz.

Během období sucha většinou došlo ke zvýšení hodnot konduktivity, pH a bazických iontů ve všech povodích. U sloučenin dusíku a fosforu změna koncentrací záleží na zdroji znečištění, u bodových zdrojů dochází ke snížení ředící schopnosti toku, a tedy ke zvýšení koncentrací, což se projevilo hlavně v povodí Svatavy. U parametrů CHSK, TOC, železa, sloučenin fosforu a dusičnanového dusíku v povodí Rolavy a Načetínského potoka většinou došlo k jejich snížení. Byla tedy potvrzena hypotéza, že období hydrologického sucha mají odlišný vliv na kvalitu povrchové vody v antropogenně ovlivněných oblastech, kde častěji došlo ke zvýšení koncentrací kvůli menší ředící schopnosti toku, a přírodě-blízkých povodích, kde byla naopak oslabena schopnost látek dostávat se z přírodního prostředí do vodního toku.

Podobné chování různých parametrů bylo vysvětleno jejich vzájemnou korelací. Teplota vody, konduktivita, bazické ionty a pH jsou negativně korelovány s průtoky, což se prokázalo během analýzy průtoků nižších než  $Q_{355}$ . Na Načetínském potoce a na Rolavě je pozitivní korelace mezi průtokem a parametry CHSK, TOC a železem, které jsou mezi sebou také pozitivně korelovány. Při analýze trendů došlo ve většině případů ke zlepšení kvality vody. Snižování kyselé atmosférické depozice se projevilo dlouhodobým snižováním dusičnanového dusíku a zvyšováním hodnot pH, což má souvislost s trendem snižování koncentrací draslíku a vápníku, které dále ovlivnilo snižování hodnot konduktivity. V povodí Svatavy došlo k dlouhodobému snížení koncentrací celkového fosforu a  $BSK_5$ , což pravděpodobně souvisí s výstavbou a intenzifikací ČOV. Dlouhodobé zlepšování jakosti povrchové vody potvrdilo počáteční hypotézu, že se kvalita povrchových vod v pramenných oblastech Krušných hor zlepšuje. Výjimku tvoří koncentrace sodíku, které se nejvíce zvyšují v antropogenně ovlivněných oblastech.

V návaznosti na tuto práci by bylo možné se zaměřit na změny kvality vody v okamžité reakci na srážko-odtokové události, k čemuž by však bylo potřeba odebírat vzorky vody s větší frekvencí, např. i pomocí automatických odběrných zařízení.



## Zdroje

ALTMANN, M. (2013): Hodnocení kvality vody a fyzického habitatu vodního toku ve vazbě na společenstva makrozoobentosu. Bakalářská práce. Ústav pro životní prostředí PřF UK, Praha, 62 s.

BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie Praha, 79 s.

BATES, B., KUNDZEWICZ, Z., WU, S., PALUTIKOF, J. (2008): Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 s.

BENČOKOVÁ A., STUHLÍK E., HARDEKOPF D. (2008): Using regional climate models or an estimation of global change impacts on water balance in the Tatra Mts. Slovakia. In: ŠÍR, M., TESAŘ, M., LICHNER, L. (2008): Sborník Hydrologie malého povodí 2008. Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, Praha, 354 s.

BERANOVÁ, Z. (2011): Průzkum a hodnocení ekologického stavu vodních toků při zohlednění evropských standardů. Aplikace v modelovém povodí Rolavy. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 145 s.

BÍMOVÁ, T. (2010): Ekohydrologický průzkum kvality habitatu vodních toků – aplikace na modelovém povodí Zbytinského potoka. Bakalářská práce. Ústav pro životní prostředí PřF UK, Praha, 55 s.

BJÖRNERÅS, C. et al. (2017): Widespread increases in iron concentration in European and North American freshwaters. *Global Biogeochemical Cycles*, 31, 1488–1500.

BOL, R. et al. (2018): Challenges of Reducing Phosphorus Based Water Eutrophication in the Agricultural Landscapes of Northwest Europe. *Frontiers in Marine Science*, 5, 276, 1–16.

BOUZA-DEAÑO, R. et al. (2008): Trend study and assessment of surface water quality in the ebro River (Spain). *Journal of Hydrology*, 631, 227–239.

BRODER, T., KNORR, K.H. BIESTER, H., (2017): Changes in dissolved organic matter quality in a peatland and forest headwater stream as a function of seasonality and hydrologic conditions. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 4, 2035–2051.

BROWN, P.A., GILL, S.A., ALLEN, S.J. (2000): Review paper: metal removal from wastewater using peat. *Water Res.* 34, 3907–3916.

BURIÁNEK, V. (2012): Charakteristika širšího území. Výzkumná zpráva, Výzkum možností minimalizace obsahů organických škodlivin ve zdrojích pitných vod v Krušných horách. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Praha, 10 s.

ČSN 75 7221 (2017): Jakost vod. Klasifikace jakosti povrchových vod. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 20 s.

ČURDA, J., JANSKÝ, B., KOCUM, J. (2011): Vliv fyzickogeografických faktorů na extremitu povodní v povodí Vydry. *Geografie – Sborník ČGS*, 116, 3, 335–353.

DEMEK, J., MACKOVČIN P. et al. (2006): Hory a nížiny. *Zeměpisný lexikon ČR. MŽP ČR*. 580 s.

DETTINGER, M., UDALL, B., GEORGAKAKOS, A. (2015): Western water and climate change. *Ecological*, 25, 8, 2069–2093.

EASTERLING, D. R., MEEHL, G. A., PARMESAN, C., CHANGNON, S.A., KARL, T. R., MEARN, L. O. (2000): Climate extremes: Observations, modeling, and impacts. *Science*, 289, 5487, 2068–2074.

EKSTRÖM, S. M., REGNELL, O., READER, H. E., NILSSON, P. A., LÖFGREN, S., KRITZBERG, E. S. (2016): Increasing concentrations of iron in surface waters as a consequence of reducing conditions in the catchment area. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 121, 2, 479–493.

ELIÁŠ, V., TESAŘ, M., ŠÍR, M. (2002): Stabilita a extremalizace hydrologického cyklu pramenných oblastí. *Povodně: prognózy, vodní toky a krajina*. Fakulta stavební ČVUT v Praze a Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 363–385.

ENGARDT, M., SIMPSON, D., SCHWIKOWSKI, M., GRANAT, L. (2017): Deposition of sulphur and nitrogen in Europe 1900–2050. Model calculations and comparison to historical observations. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 69, 1, 1328945.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2017): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 – EEA Report, No 1/2017. 424 s.

EVANS, C. D., MONTEITH, D. T., COOPER, D. M. (2005): Long-term increases in surface water dissolved organic carbon: Observations, possible causes and environmental impacts. *Environmental Pollution*, 137, 1, 55–71.

GRÜNVALD, A. (1997): *Hydrochemie*, Praha, ČVUT.

HIRABAYASHI, Y., KANAE, S., EMORI, S., OKI, T., KIMOTO, M. (2008): Global projections of changing risks of floods and droughts in a changing climate. *Hydrol. Sci. J.*, 53, 4, 754–772.

HRDINKA, T., NOVICKÝ, O., HANSLÍK, E., RIEDER, M. (2012): Possible impacts of floods and droughts on water quality. *Journal of Hydro-environment Research*, 6, 145–150.

HRUŠKA, J., MAJER, V., FOTTOVÁ, D. (2006): Vliv kyselá depozice na chemismus povrchových vod v Krkonoších. *Opera Corcontica*, 43, 95–110.

HRUŠKA, J., MAJER, V., KRÁM, P., OULEHLE, F., KOPÁČEK, J. (2009): Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy: III. Okyselení potoků a jezer. *Živa*, 4, 189–192.

HRYZÁKOVÁ, K. (2008): Srovnávací analýza jakosti povrchových vod v povodích horní Blanice, Liběchovky a Rolavy. Diplomová práce. Ústav životního prostředí PřF UK, Praha, 85 s.

HYNČICA, M., HUTH, R. (2019): Long-term changes in precipitation phase in Czechia. *Geografie*, 124, 1, 41–55.

CHUMAN, T., HRUŠKA, J., OULEHLE, F., GÜRTLEROVÁ, P., MAJER, V. (2013): Does stream water chemistry reflect watershed characteristics? *Environ Monit Assess*, 185, 5683–5701.

CHYTRÝ, M., KUČERA, T., KOČÍ, M., GRULICH, V., LUSTYK P. (2010): Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, 447 s.

JUCKERS, M., WATMOUGH, S. A. (2014): Impacts of simulated drought on pore water chemistry of peatlands. *Environmental pollution*, 184, 73–80.

KENDALL, M., G. (1975): *Rank Correlation Methods*. Griffin, London, 272 s.

KOČÁRKOVÁ, T. (2016): Změny biochemismu v pramenných oblastech. Aplikace v experimentálním povodí horní Rolavy. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 76 s.

KOCUM, J., OULEHLE, F., JANSKÝ, B., BŮZEK, F., HRUŠKA, J. & VLČEK, L (2016): Geochemical evidence for peat bog contribution to streamflow generation process: case study of Vltava River headwaters, Czech Republic. *Hydrological Sciences Journal*, 61, 14, 2579–2589.

KOPÁČEK, J., HEJZLAR, J., PORCAL, P., POSCH, M. (2017): Trends in riverine element fluxes: A chronicle of regional socio-economic changes. *Water Research*, 125, 374–383.

KULASOVÁ, A., BLAŽKOVÁ, Š., BUBENÍČKOVÁ, L., HLAVÁČEK, J., RUPRECHT, D. (2008): Porovnání kvality v experimentálním povodí Uhlířská. In: Šír, M., Tesař, M., Lichner, L. (2008): *Hydrologie malého povodí 2008*. Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, Praha, 169–174.

JONES, R. G. (2002): Measurements of the electrical conductivity of water, *IEE Proceedings – Science, Measurement and Technology*, 149, 6, 320–322.

LANGAN, S. J. et al. (2001): Variation in river water temperatures in an upland stream over a 30-year period. *The Science of the Total Environment*, 265, 195–207.

LANGHAMMER, J. (2001): Water quality in the Berounka river basin. *Acta Universitatis Carolinae – Geographica*, 36, 2, 111–131.

LANGHAMMER, J. (2002): *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana*. Skripta. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, 225 s.

LEDESMA, J. L. J., GRABS, T., FUTTER, M.N., BISHOP, K.H., LAUDON, H., KÖHLER, S. J. (2013): Riparian zone control on base cation concentration in boreal streams. *Biogeosciences*, 10, 6, 3849–3868.

LEDVINKA, O. (2008): *Trendy srážkovodtokového režimu v povodí Rolavy*. Diplomová práce, KFGG PřF UK, Praha, 123 s.

LIBISELLER, C. (2004): MULTMK/PARTMK. A Program for the computation of multivariate and partial Mann-Kendall test. LIU, Linköping, 18 s.

LIBISELLER, C., GRIMVALL, A. (2002): Performance of partial Mann-Kendall tests for trend detection in the presence of covariates. *Environmetrics*, 13, s. 71-84.

LUCAS, R.W., KLAMINDER, J., FUTTER, M.N., BISHOP, K.H., EGNELL, G., LAUDON, H., et al. (2011): A meta-analysis of the effects of nitrogen additions on base

cations: Implications for plants, soils, and streams. *Forest Ecology and Management*, 262, 2, 95–104.

MACURA, V., ŠTEFUNKOVÁ, Z., ŠKRINÁR, A. (2016): Determination of the Effect of Water Depth and Flow Velocity on the Quality of an In-Stream Habitat in Terms of Climate Change. *Advances in Meteorology*. 17 s.

MAIDMENT, D. R. (1993): *Handbook of Hydrology*, New York, McGraw-Hill, 1424 s.

MANN, H., B. (1945): Nonparametric tests against trend. *Econometrica*. 13, 3, 245–259.

MÁNEK, J. (1998): Vegetace a chemismus tekoucích vod horního Pootaví jako indikátory antropogenního zatížení. *Silva Gabreta, Vimperk*, 2, 117–140.

MARTTILA, H., KARJALAINEN, S. M., KUOPPALA, M., NIEMINEN, M. L., RONKANEN, A. K., KLØVE, B., HELLSTEN, S. (2018): Elevated nutrient concentrations in headwaters affected by drained peatland. *Science of the total environment*, 643, 1304–1313.

MATOUŠKOVÁ, M., KLIMENT, Z., LEDVINKA, O., KRÁLOVEC, V. (2011): Application of selected statistical tests to detect changes in the rainfall and runoff regime. *Die Bodenkultur*. 62, 1–4, 95–100.

MOORE, T., BLODAU, CH., TURUNEN, J., ROULET, N., RICHARD, P. (2004): Patterns of nitrogen and sulfur accumulation and retention in ombrotrophic bogs, eastern Canada. *Global Change Biology*, 11, 356–367.

MOSLEY, L. M. (2015): Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. *Earth – Science Reviews*, 140, 230–214.

NAVRÁTILOVÁ, D. (2018): Trendy hydroklimatických faktorů ve vybraných povodí Krušných hor. *Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha*, 61 s.

NEUHÄUSLOVÁ, Z., MORAVEC, J., CHYTRÝ, M., SÁDLO, J., RYBNÍČEK, K., KOLBEK, J., JIRÁSEK, J. (2001): *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky 1: 500 000*. Botanický ústav AV ČR, Průhonice.

NOSKOVIČ, J., BABOŠOVÁ, M., PORHAJAŠOVÁ, J., TÁRNÍK, A., VARGA, V. (2013): Time and Place changes in pH and conductivity in the water of Čaradice stream. *Acta horticulturae et regiotecturae*, Nitra, 1, 24–28.

NOVÁK, F. (2012): Export DOC z rašelinišť. Literární rešerše. In: VULHM, v.v.i. et al. (2013): Výzkum možností minimalizace obsahů organických škodlivin ve zdrojích pitných vod v Krušných horách. 23 s.

OULEHLE, F., HRUŠKA, J. (2009): Rising trends of dissolved organic matter in drinking-water reservoirs as a result of recovery from acidification in the Ore Mts., Czech Republic. *Environmenal Pollution*, 157, 3433–3439.

PITTER, P. (2009): *Hydrochemie*. VŠCHT, Praha, 568 s.

POVILAITIS, A. (2006): Impact of agriculture decline on nitrogen and phosphorus loads in Lithuanian rivers. *Ekologija*, 1, 1, 32–39.

RITSON, J. P., GRAHAM, N. J. D., TEMPLETON, M. R., CLANRK, J. M., GOUGH, R., FREEMAN, C., (2014): The impact of climate change on the treatability of dissolved organic matter (DOM) in upland water supplies: A UK perspective. *Science of the Total Environment*, 473–474, 714–730.

RUPP, H., MEISSNER, R., LEINWEBER, P. (2004): Effects of extensive land use and re-wetting on diffuse phosphorus pollution in fen areas – Results from a case study in the Drömling catchment, Germany. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167, 4, 408–416.

RŮŽEK, M., MYŠKA, O., KUČERA, J., OULEHLE, F. (2019): Input-Output Budgets of Nutrients in Adjacent Norway Spruce and European Beech Monocultures Recovering from Acidification. *Forests*, 10, 68.

SADER, J.A., HATTORI, K., HAMILTON, S., BRAUNEDER, K. (2011): Metal binding to dissolved organic matter and adsorption to ferrihydrite in shallow peat groundwaters: application to diamond exploration in the James Bay Lowlands, Canada. *Appl. Geochem.* 26, 1649–1664.

SARKKOLA, S. et al. (2013): Iron concentrations are increasing in surface waters from forested headwater catchments in eastern Finland. *Science of the Total Environment*, 463–464, 683–689.

SCHMIDT, P. A., HEMPEL, W., DENNER, M., DÖRING, N., GNÜCHTEL, A., WALTER, B., WENDEL, D. (2003): Erstellung einer Übersichtskarte der potenziell-natürlichen Vegetation M 1:50 000 von Deutschland sowie Erfassung und vegetations-kundliche Erhebungen naturnaher Wälder als Grundlage für nationale und internationale Naturschutzplanungen-Sachsen. 3. Sachsen, TU Dresden, Fachrichtung Forstwissenschaften und Biologie, Tharandt und Dresden.

SINGH, K., P., MALIK, A., MOHAN, D., SINHA, S. (2004): Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India) – a case study. *Water Research*, 38, 3980–3992.

SOULSBY, C., MALCOLM, R., GIBBINS, C. AND DILKS, C. (2001): Seasonality, water quality trends and biological responses in four streams in the Cairngorm Mountains, Scotland. *Hydrology and Earth system Science*, 5, 3, 433–450.

SØRENSEN, S. P. L. (1909): Über die Messung und die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration bei enzymatischen Prozessen. *Biochemische Zeitschrift*, 21, 131–200.

STRAKA, P. (1995): *Obecná chemie*, Litomyšl, Paseka, 142 s.

STUHLÍK, E., BITUŠÍK, P., HARDEKOPF, D. W., HOŘICKÁ, Z., KAHOUNOVÁ, M., TÁTOSOVÁ, J., et al. (2017): Complexity in the Biological Recovery of Tatra Mountain Lakes from Acidification. *Water, Air, and Soil Pollution*, 228, 5, 184.

SU, Y., LANGHAMMER, J., JARSJÖ, J. (2017): Geochemical responses of forested catchments to bark beetle infestation: Evidence from high frequency in-stream electrical conductivity monitoring. *Journal of Hydrology*, 550, 635–649.

SYNÁČKOVÁ, M. (1996): *Čistota vod*, Praha, ČVUT.

SÝKORA, V., KUJALOVÁ, H., PITTER, P. (2016): *Hydrochemie pro studenty bakalářského studia*. VŠCHT, Praha, 219 s.

ŠPRINGEROVÁ, P. (2016): *Koncentrace organického uhlíku v horských a podhorských vodních tocích*. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 73 s.

ŠPRINGEROVÁ, P. (2019): Změny koncentrací organického uhlíku v povrchových vodách v pramenných oblastech. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 147 s.

ŠRÁMEK, V., NOVOTNÝ, R., FIALA, P. et al. (2014): Vápnění lesů v České republice. Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Výzkumným ústavem lesního hospodářství, v. v. i. Praha. 95 s.

TESAŘ, M., ŠÍR, M. (2002): Stabilita a extremizace hydrologického cyklu pramenných oblastí. In: Patera, A., Váška, J., Zezulák, J., Eliáš, V. (eds): Povodně: prognózy, vodní toky a krajina. Fakulta stavební ČVUT v Praze a Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha, 363–385.

TOLASZ, R. et al. (2007): Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého, 1. vydání, 256 s.

ÚSTAV PRO HOSPODÁŘSKOU ÚPRAVU LESŮ (1999): Oblastní plán rozvoje lesů: Přírodní lesní oblast 01 Krušné hory. Brandýs nad Labem, pobočka Plzeň, 635 s.

VALENTI, T., TAYLOR, J. M., BACK, J. A., KING, R. S., BROOKS, B. W. (2011): Influence of Drought and Total Phosphorus on Diel pH in Wadeable Streams: Implications for Ecological Risk Assessment of Ionizable Contaminants. Integrated Environmental Assessment and Management, 7, 4, 636–647.

VAN VLIET, M. T. H., ZWOLSMAN, J. J. G. (2008): Impact of summer droughts on the water quality of the Meuse river. Journal of Hydrology, 353, 1–17.

VLACH, V. (2016): Extrémní hydrologické jevy v povodí Rolavy. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 66 s.

VLACH, V. (2019): Hydrologické sucho v pramenných oblastech Krušných hor. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 104 s.

VLČEK, L., KOCUM, J., JANSKÝ, B., ŠEFRNA, L. and KUČEROVÁ, A. (2012): Retenční potenciál a hydrologická bilance horského vrchoviště: případová studie Rokytecké slatě, povodí horní Otavy, JZ. Geografie – Sborník ČGS, 117, 4, 371–395.

WADE, A. J., NEAL, C., SOULSBY, C., SMART, R.P., LANGAN, S.J., CRESSER, M. S. (1999): Modelling streamwater quality undervarying hydrological conditions at different spatial scales. Journal of Hydrology, 217, 266–283.



WEBB, B. W. (1996): Trends in stream and river temperature. *Hydrological processes*, 10, 205–226.

WEBB, B. W., NOBILIS, F. (1995): Long term water temperature trends in Austrian rivers, *Hydrological Sciences Journal*, 40, 1, 83–96.

WILBERS, G. J., ZWOLSMAN, G., KLAVER, G., HENDRIKS, A.J. (2009): Effects of a drought period on physico-chemical surface water quality in a regional catchment area. *J. Environ. Monit.* 11, 6, 1298–1302.

WILD, A. (2019): Vývoj jakosti povrchových vod v povodí Berounky. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 86 s.

WILKS, D. S. (2019): *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. 4th edition. Elsevier Academic Press, 840 s.

WORRALL, F., BURT, T., ADAMSON, J. (2006): Long-term changes in hydrological pathways in an upland peat catchment—recovery from severe drought? *Journal of Hydrology*, 321, 5–20.

ZAPLETAL, M. (2001): Atmospheric deposition of nitrogen and sulphur compounds in the Czech Republic. *The Scientific World Journal*, 1, 2, 294–303.

ZIELLSKI, P., GORNIK, A., PIEKARSKI, M.K. (2009): The effect of hydrological drought on chemical quality of water and dissolved organic carbon concentrations in lowland rivers. *Pol. J. Ecol.* 57, 2, 217–227.

## **Internetové a další zdroje**

ARCDATA PRAHA: ArcČR 500 - digitální geografická databáze, verze 3.3. [online]. [cit. 1. 3. 2020]. Dostupné z: [www.arcddata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500](http://www.arcddata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500)

CLIMATE-DATA.ORG: Climate diagrams: Klingenthal, Přebuz, Rübenau. [online]. [cit. 2. 3. 2020]. Dostupné z: <https://en.climate-data.org>

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA: WMS Geologická mapa GeoČR50. [online]. [cit. 1. 3. 2020]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/wms>

ČSÚ (2019): Český statistický úřad. Regionální statistiky [online]. [cit. 16. 3. 2020] Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/regiony\\_mesta\\_obce\\_souhrn](https://www.czso.cz/csu/czso/regiony_mesta_obce_souhrn)

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY: Copernicus [online]. [cit. 1. 3. 2020]. Dostupné z <https://land.copernicus.eu/>

FERENC, L. (2017): Národní přírodní rezervace Rolavská vrchoviště, jihozápadní okraj, okres Sokolov. Wikipedie.cz [online]. [cit. 3. 3. 2020]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Rolavsk%C3%A1\\_vrchovi%C5%A1t%C4%9B#/media/Soubor:NPR\\_Rolavsk%C3%A1\\_vrchovi%C5%A1t%C4%9B\\_-\\_jz.\\_okraj\\_\(1\).jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Rolavsk%C3%A1_vrchovi%C5%A1t%C4%9B#/media/Soubor:NPR_Rolavsk%C3%A1_vrchovi%C5%A1t%C4%9B_-_jz._okraj_(1).jpg)

INJECTA (2019): Injecta, Sarstedt-Gruppe. [online]. [cit. 23. 4. 2020]. Dostupné z: <https://www.injecta.de/>

KALEK (2009): Kalek. [online]. [cit. 16. 3. 2020] Dostupné z: <http://www.obeckalek.cz/>

KMW (2020): KMW Engineering GmbH [online]. [cit. 23. 4. 2020]. Dostupné z: <https://kmw-engineering.de/>

KLINGENTHAL (2020): Klingenthal [online]. [cit. 16. 3. 2020] Dostupné z: <https://www.klingenthal.de/DE/Home/index.html>

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE SACHSEN: Datenportal iDA [online]. [cit. 1. 3. 2020] Dostupné z: <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/46037.htm>

MŽP (2017): Zpráva o životním prostředí České republiky. 57 s. cit. 18.11.2019 Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/zpravy\\_o\\_stavu\\_zivotniho\\_prostredi\\_publicace](https://www.mzp.cz/cz/zpravy_o_stavu_zivotniho_prostredi_publicace)

OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS ©: BaseMap World Topographic Map.

POVODÍ OHŘE (2020): Státní podnik Povodí Ohře. Zdroj dat českých profilů.

PRVK (2018): Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Karlovarského kraje. Nové Hamry [online]. [cit. 16. 3. 2020] Dostupné z: [http://webmap.kr-karlovarsky.cz/prvk/PDF/KARTY/CZ041\\_0048\\_01.pdf](http://webmap.kr-karlovarsky.cz/prvk/PDF/KARTY/CZ041_0048_01.pdf)

RÜBENAU (2020): Rübenau [online]. [cit. 16. 3. 2020] Dostupné z: <https://www.ruebenau.de/ruebenau.html>

SACHSEN (2016): Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft [online]. [cit. 29. 3. 2020] Dostupné z: <https://s3.kleine-anfragen.de/ka-prod/sn/6/5380.pdf?fbclid=IwAR1ICGb9RieWgLmr313D-Lk3Q37oBkg25LtZF4cHOj1xgOT2-CvfhJsTUIjg>

SIMETO (2020): Simeto Kabelsysteme GmbH. [online]. [cit. 23. 4. 2020]. Dostupné z:  
<https://simeto.de/>

VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA, v. v. i.: Digitální  
báze vodohospodářských dat DIBAVOD. [online]. [cit. 1. 3. 2020] Dostupné z:  
<http://dibavod.cz>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Odběrné místo Svatava – hranice, říční km 27,6 (foto: Povodí Ohře) .....	34
Obrázek 2: Odběrné místo Načetínský potok – hranice, říční km 4,4 (foto: Povodí Ohře) 35	
Obrázek 3: Místo odběru Rolava pod Novými Hamry, říční km 18,3 (foto: Povodí Ohře) 35	
Obrázek 4: Obecné fyzicko-geografické mapy zájmových povodí (a) povodí Svatavy, b) povodí Rolavy, c) povodí Načetínského potoka) (zdroje vstupních dat: LFULG, VÚV T. G. M., OpenStreetMap Contributors ©).....	37
Obrázek 5: Orientační mapa zájmových povodí (zdroje dat: ARCDATA PRAHA, LFULG, VÚV T. G. M.) .....	42
Obrázek 6: Hypsografické křivky zájmových povodí (Vlach 2019, upraveno).....	43
Obrázek 7: Nadmořská výška zájmových území (a) povodí Svatavy, b) povodí Rolavy, c) povodí Načetínského potoka) (zdroj vstupních dat: EEA).....	44
Obrázek 8: Řeka Rolava protékající NPR Rolavská vrchoviště (foto: Ferenc 2017) .....	46
Obrázek 9: Sklonitostní poměry zájmových povodí (a) povodí Svatavy, b) povodí Rolavy, c) povodí Načetínského potoka) (zdroj vstupních dat: EEA).....	47
Obrázek 10: Orientace svahů v zájmových povodích (a) povodí Svatavy, b) povodí Rolavy, c) povodí Načetínského potoka) (zdroj vstupních dat: EEA).....	48
Obrázek 11: Půdní typy v zájmových povodích (a) povodí Svatavy, b) povodí Rolavy, c) povodí Načetínského potoka) (Vlach 2019, ČGS, upraveno) .....	49
Obrázek 12: Klimadiagram obce Klingenthal. (zdroj: Climate-Data.org) .....	51
Obrázek 13: Klimadiagram obce Přebuz. (zdroj: Climate-Data.org).....	52
Obrázek 14: Klimadiagram obce Rübenau. Zdroj: Climate-Data.org.....	52
Obrázek 15: Změny zastoupení krajinného pokryvu horní Svatavy (zdroje dat: EEA).....	56
Obrázek 16: Změny zastoupení krajinného pokryvu horní Rolavy (zdroje dat: EEA) .....	56
Obrázek 17: Změny krajinného pokryvu Načetínského potoka (zdroje dat: EEA).....	57
Obrázek 18: Koncentrace pH v profilu NAC–ROT v období 1993–2018 .....	60
Obrázek 19: Koncentrace BSK <sub>5</sub> v profilu SVA–KRA v období 1993–2018.....	61

Obrázek 20: Koncentrace dusičnanového dusíku v profilu NAC–ROT v období 1993–2018 .....	61
Obrázek 21: Krabicový graf <b>teploty vody</b> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 .....	64
Obrázek 22: Krabicový graf <b>pH</b> ze sledovaných stanic za období 1993–2018 .....	65
Obrázek 23: Krabicový graf <b>konduktivity</b> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 .....	66
Obrázek 24: Krabicový graf <b>BSK<sub>5</sub></b> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 .....	67
Obrázek 25: Krabicový graf <b>CHSK<sub>Mn</sub></b> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 .....	67
Obrázek 26: Krabicový graf <b>CHSK<sub>Cr</sub></b> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 .....	68
Obrázek 27: Krabicový graf <b>TOC</b> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 .....	69
Obrázek 28: Krabicový graf <b>dusičnanového dusíku</b> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG) .....	70
Obrázek 29: Krabicový graf <b>celkového fosforu</b> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG) .....	71
Obrázek 30: Krabicový graf <b>fosforečnanů</b> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 .....	71
Obrázek 31: Krabicový graf <b>sodíku</b> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 .....	72
Obrázek 32: Krabicový graf <b>draslíku</b> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 .....	73
Obrázek 33: Krabicový graf <b>vápníku</b> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 .....	74
Obrázek 34: Krabicový graf <b>železa</b> ze sledovaných profilů za období 1993–2018 .....	74
Obrázek 35: Změny koncentrací TOC v závislosti na roční době .....	85
Obrázek 36: Graf vzájemného vztahu průtoku a pH v profilu NAC–NAC .....	86
Obrázek 37: Graf vzájemného vztahu CHSK <sub>Mn</sub> a TOC v profilu Načetín .....	87
Obrázek 38: Graf vzájemného vztahu draslíku a vápníku v profilu Klingenthal .....	88
Obrázek 39: PCA pro vybrané parametry profilů na Načetínském potoce .....	89
Obrázek 40: PCA pro vybrané parametry profilů na Svatavě .....	89
Obrázek 41: Výsledky Mann-Kendalova testu pro <b>celkový fosfor</b> v období 1993–2018 (zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG) .....	93
Obrázek 42: Výsledky Mann-Kendalova testu pro <b>draslík</b> v období 1993–2018 .....	94

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled kontrolních profilů povrchových vod.....	33
Tabulka 2: Přehled použitých limnigrafických stanic .....	36
Tabulka 3: Základní hydrografické údaje zájmových povodí .....	43
Tabulka 4: Geomorfologické členění zájmových území .....	45
Tabulka 5: Orientace svahů a jejich podíly na rozloze povodí.....	47
Tabulka 6: Plochy a procentuální podíly půdních typů v zájmových povodích .....	50
Tabulka 7: Procentuální zastoupení jednotlivých typů ploch zájmových povodí .....	55
Tabulka 8: Přehled použitých názvů jednotlivých profilů.....	60
Tabulka 9: Jakost povrchových vod v roce 1993 .....	62
Tabulka 10: Jakost povrchových vod v roce 2012 .....	63
Tabulka 11: Přehled parametrů naměřených 14. 7. 1988 v profilu SVA–KRA.....	76
Tabulka 12: Přehled parametrů naměřených 12. 2. 1997 v profilu SVA–KLI .....	76
Tabulka 13: Přehled parametrů naměřených 30. 9. 1998 v profilu SVA–KRA.....	76
Tabulka 14: Přehled parametrů naměřených 19. 1. 2000 v profilu SVA–KRA.....	77
Tabulka 15: Přehled parametrů naměřených 3. 5. 2012 v profilu SVA–KLI .....	77
Tabulka 16: Přehled parametrů naměřených 21. 7. 2015 v profilu SVA–KLI .....	77
Tabulka 17: Přehled parametrů naměřených 10. 7. 1996 v profilu ROL–NH .....	78
Tabulka 18: Přehled parametrů naměřených 4. 6. 2001 v profilu ROL–NH .....	78
Tabulka 19: Přehled parametrů naměřených 1. 10. 2008 v profilu ROL–NH .....	79
Tabulka 20: Přehled parametrů naměřených 20. 4. 1995 v profilu NAC–NAC .....	79
Tabulka 21: Přehled naměřených hodnot jednotlivých parametrů při průtoku menším než Q <sub>355</sub> v profilu SVA–KLI.....	80
Tabulka 22: Přehled naměřených hodnot jednotlivých parametrů při průtoku menším než Q <sub>355</sub> v profilu SVA–KRA .....	81
Tabulka 23: Přehled naměřených hodnot jednotlivých parametrů při průtoku menším než Q <sub>355</sub> v profilu ROL–NH.....	82
Tabulka 24: Přehled naměřených hodnot jednotlivých parametrů při průtoku menším než Q <sub>355</sub> v profilu Rothenthal.....	82
Tabulka 25: Přehled naměřených hodnot jednotlivých parametrů při průtoku menším než Q <sub>355</sub> v profilu NAC–NAC .....	83
Tabulka 26: Výsledky Mann-Kendallova testu pro <b>pH</b> v období 1993–2018 (SVA–KR85 1985–2018).....	90

Tabulka 27: Výsledky Mann-Kendallova testu pro <b>CHSK</b> v období 1993–2018 (SVA–KR851985–2018) .....	91
Tabulka 28: Výsledky Mann-Kendallova testu pro <b>dušičnanový dusík</b> v období 1993–2018 (SVA–KR851985–2018).....	92
Tabulka 29: Výsledky Mann-Kendallova testu pro <b>vápník</b> v období 1993–2018 (SVA–KR851985–2018) .....	94
Tabulka 30: Výsledky Mann-Kendallova testu pro <b>železo</b> v období 1993–2018 .....	95

## Přílohy

Příloha 1: Mapa obce Klingenthal a okolí .....	II
Příloha 2: Tabulka jakosti vod zájmových profilů podle ČSN 757221 .....	III
Příloha 3: Tabulka jakosti vod parametru BSK <sub>5</sub> zájmových profilů podle ČSN 757221 .....	VII
Příloha 4: Pearsonův koeficient pro profil SVA–KLI .....	VIII
Příloha 5: Pearsonův koeficient pro profil SVA–KRA .....	VIII
Příloha 6: Pearsonův koeficient pro profil ROL–NH .....	IX
Příloha 7: Pearsonův koeficient pro profil NAC–ROT .....	IX
Příloha 8: Pearsonův koeficient pro profil NAC–NAC .....	X
Příloha 9: Výsledky Mann-Kendallova testu pro <b>teplotu vody</b> v období 1993–2018 .....	X
Příloha 10: Výsledky Mann-Kendallova testu pro <b>konduktivitu</b> v období 1993–2018 (SVA–KR851985–2018) .....	XI
Příloha 11: Výsledky Mann-Kendallova testu pro <b>BSK<sub>5</sub></b> v období 1993–2018 (SVA–KR851985–2018) .....	XI
Příloha 12: Výsledky Mann-Kendallova testu pro <b>TOC</b> v období 1993–2018 .....	XII
Příloha 13: Výsledky Mann-Kendallova testu pro <b>fosforečnany</b> v období 1993–2018 .....	XII
Příloha 14: Výsledky Mann-Kendallova testu pro <b>celkový fosfor</b> v období 1993–2018 .....	XIII
Příloha 15: Výsledky Mann-Kendallova testu pro <b>sodík</b> v období 1993–2018 .....	XIII
Příloha 16: Výsledky Mann-Kendallova testu pro <b>draslík</b> v období 1993–2018 .....	XIV

Príloha 1: Mapa obce Klingenthal a okolí



(zdroj: Klingenthal 2020)



Příloha 2: Tabulka jakosti vod zájmových profilů podle ČSN 757221  
(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

SVA–KRA	konduktivita		CHSK <sup>7</sup>		TOC		N-NO <sub>3</sub>		Pcelk		Fe	
1985	24,81	I	5,47	I			1,55	I			0,66	
1986	22,69	I	4,45	I			1,76	I			0,45	I
1987	17,02	I	4,94	I			1,69	I			0,43	I
1988	19,80	I	4,65	I			1,07	I			0,38	I
1989	19,65	I	4,43	I			1,27	I			0,25	I
1990	18,93	I	4,09	I			1,58	I	0,416	IV	0,26	I
1991	21,58	I	4,75	I			1,71	I	0,492	IV	0,36	I
1992	20,78	I	4,39	I	4,41	I	1,73	I	0,344	IV	0,44	I
<b>1993</b>												
SVA–KRA	19,38	I	4,25	I	2,19	I	1,87	I	0,161	III	0,54	II
SVA–KLI	20,19	I	10,92	I			1,91	I	0,172	III	0,19	I
ROL–NH												
NAC–NAC	13,00	I	4,93	I			1,86	I	0,023	I	0,23	I
NAC–ROT	12,52	I					2,11	I			0,13	I
<b>1994</b>												
SVA–KRA	18,28	I	3,48	I			1,93	I	0,173	III	0,31	I
SVA–KLI	18,43	I	13,25	I			1,84	I	0,233	III	0,13	I
ROL–NH												
NAC–NAC	13,71	I	5,85	I			2,00	I	0,036	I	0,34	I
NAC–ROT	13,26	I	8,80	I			2,07	I			0,25	I
<b>1995</b>												
SVA–KRA	17,20	I	2,83	I			1,50	I	0,103	II	0,37	I
SVA–KLI	16,60	I	6,38	I			1,59	I	0,071	II	0,33	I
ROL–NH	7,88	I	3,47	I			0,45	I	0,022	I	0,52	II
NAC–NAC	12,25	I	4,83	I			2,07	I	0,025	I	0,23	I
NAC–ROT												
<b>1996</b>												
SVA–KRA	21,18	I	3,12	I			1,48	I	0,142	II	0,34	I
SVA–KLI	18,09	I	8,27	I	2,36	I	1,49	I			0,03	I
ROL–NH	8,30	I	3,52	I			0,63	I	0,018	I	0,18	I
NAC–NAC	11,41	I	6,06	II			1,77	I	0,044	I	0,32	I
NAC–ROT												
<b>1997</b>												
SVA–KRA	23,33	I	3,47	I			1,55	I	0,151	III	0,34	I
SVA–KLI	22,78	I	18,31	II	5,24	I	1,53	I	0,148	II	0,04	I
ROL–NH			3,73	I			0,62	I	0,020	I	0,23	I
NAC–NAC	11,53	I	5,86	I			1,60	I	0,033	I	0,42	I
NAC–ROT	12,43	I	14,75	I			1,60	I			0,18	I

<sup>7</sup> v celé tabulce jsou pro německé profily hodnoty CHSK<sub>Cr</sub> a pro české profily CHSK<sub>Mn</sub>.

	konduktivita		CHSK		TOC		N-NO <sub>3</sub>		Pcelk		Fe	
1998												
SVA-KRA	18,78	I	3,31	I			1,62	I	0,116	II	0,41	I
SVA-KLI	17,23	I	8,08	I	3,21	I	1,72	I	0,092	II	0,03	I
ROL-NH	8,85	I	4,28	I			0,58	I	0,017	I	0,25	I
NAC-NAC	11,15	I	6,89	II			1,82	I	0,027	I	0,42	I
NAC-ROT	11,38	I	14,75	I	6,47	I	1,62	I	0,033	I	0,20	I
1999												
SVA-KRA	19,22	I	2,48	I			1,53	I	0,103	II	0,21	I
SVA-KLI	16,91	I	7,42	I	3,47	I	1,53	I	0,083	II	0,03	I
ROL-NH	8,03	I	6,15	II			0,62	I	0,018	I	0,38	I
NAC-NAC	11,43	I	5,60	I			1,49	I	0,016	I	0,30	I
NAC-ROT	11,44	I	12,75	I			1,45	I			0,17	I
2000												
SVA-KRA	18,49	I	2,77	I	3,62	I	1,44	I	0,069	II	0,88	II
SVA-KLI	17,85	I	7,92	I	3,25	I	1,42	I	0,086	II	0,05	I
ROL-NH			3,85	I			0,40	I	0,015	I	0,31	I
NAC-NAC	11,28	I	5,99	I			1,31	I	0,018	I	0,26	I
NAC-ROT	11,83	I	11,60	I	5,19	I	1,34	I	0,042	I	0,13	I
2001												
SVA-KRA	18,79	I	3,68	I	3,46	I	1,40	I	0,059	II	0,20	I
SVA-KLI	17,31	I	6,00	I	2,19	I	1,55	I	0,069	II	0,03	I
ROL-NH			10,20	III			0,44	I	0,010	I	0,68	II
NAC-NAC	12,00	I	8,55	II	9,04	II	1,32	I	0,015	I	0,66	II
NAC-ROT			10,75	I	3,68	I	1,45	I			0,13	I
2002												
SVA-KRA	19,01	I	4,95	I	5,13	I	1,36	I	0,061	II	0,42	I
SVA-KLI	16,15	I	12,67	I	4,30	I	1,23	I	0,090	II	0,05	I
ROL-NH	5,89	I	5,86	I			0,33	I	0,014	I	0,56	II
NAC-NAC	11,48	I	8,26	II	8,01	II	1,32	I	0,023	I	0,51	II
NAC-ROT	10,89	I	14,50	I	6,19	I	1,43	I			0,16	I
2003												
SVA-KRA	25,28	I	4,88	I	2,30	I	1,62	I	0,131	II	0,31	I
SVA-KLI	20,69	I	7,09	I	2,99	I	1,51	I	0,086	II		
ROL-NH	6,64	I	3,67	I			0,29	I	0,013	I	0,39	I
NAC-NAC	12,57	I	4,60	I	3,46	I	1,23	I	0,025	I	0,20	I
NAC-ROT	12,32	I	10,09	I	4,15	I	1,33	I			0,13	I
2004												
SVA-KRA	20,73	I	3,03	I	2,30	I	1,38	I	0,040	II	0,21	I
SVA-KLI	18,41	I	7,09	I	2,40	I	1,42	I	0,055	II	0,04	I
ROL-NH	8,51	I	4,95	I			0,31	I	0,016	I	0,43	I
NAC-NAC	11,58	I	6,40	II	5,28	I	1,17	I	0,025	I	0,30	I
NAC-ROT	13,30	I	7,50	I	3,90	I	1,20	I			0,09	I

	konduktivita		CHSK		TOC		N-NO <sub>3</sub>		Pcelk		Fe	
2005												
SVA-KRA	20,87	I	2,62	I	3,39	I	1,33	I	0,043	II	0,17	I
SVA-KLI	17,50	I	5,92	I	2,18	I	1,26	I	0,055	II	0,03	I
ROL-NH	5,46	I	4,67	I	5,86	I	0,27	I	0,015	I	0,41	I
NAC-NAC	11,42	I	8,73	II	8,15	II	1,20	I	0,023	I	0,48	I
NAC-ROT												
2006												
SVA-KRA	23,52	I	2,90	I	2,92	I	1,39	I	0,043	I	0,19	I
SVA-KLI	17,08	I	7,78	I	2,40	I	1,52	I	0,060	II	0,04	I
ROL-NH	5,23	I	5,56	I	5,73	I	0,31	I	0,016	I	0,73	II
NAC-NAC	12,95	I	5,55	I	5,78	I	1,22	I	0,025	I	0,40	I
NAC-ROT	11,59	I	10,00	I	4,87	I	1,26	I	0,045	I	0,14	I
2007												
SVA-KRA	17,27	I	3,48	I	2,98	I	1,32	I	0,041	I	0,20	I
SVA-KLI	16,58	I	9,36	I	3,52	I	1,34	I	0,052	II	0,05	I
ROL-NH	4,49	I	4,98	I	5,04	I	0,28	I	0,013	I	0,39	I
NAC-NAC	10,68	I			6,53	I	1,10	I	0,020	I	0,32	I
NAC-ROT	10,64	I	13,67	I	5,92	I	1,16	I	0,046	I	0,18	I
2008												
SVA-KRA	19,86	I			3,18	I	1,37	I	0,048	I	0,31	I
SVA-KLI	17,71	I	7,33	I	2,43	I	1,37	I	0,061	II	0,06	I
ROL-NH	4,50	I			6,33	I	0,27	I	0,019	I	0,89	II
NAC-NAC	11,14	I			5,28	I	1,10	I	0,019	I	0,28	I
NAC-ROT	11,22	I	11,70	I	4,52	I	1,15	I	0,043	I	0,14	I
2009												
SVA-KRA	19,49	I			2,65	I	1,35	I	0,072	II	0,27	I
SVA-KLI	17,81	I	6,83	I	2,49	I	1,36	I	0,056	II	0,06	I
ROL-NH	4,20	I			6,43	I	0,24	I	0,013	I	0,74	II
NAC-NAC	10,75	I			4,80	I	1,10	I	0,022	I	0,32	I
NAC-ROT	10,84	I	13,33	I	5,77	I	1,13	I	0,041	I	0,17	I
2010												
SVA-KRA	18,34	I			3,17	I	1,12	I	0,051	II	0,20	I
SVA-KLI	17,76	I	7,33	I	2,86	I	1,07	I	0,048	I	0,05	I
ROL-NH	4,17	I			5,53	I	0,24	I	0,012	I	0,43	I
NAC-NAC	10,62	I			4,44	I	1,13	I	0,013	I	0,24	I
NAC-ROT	10,32	I	20,60	II	5,57	I	1,03	I	0,049	I	0,14	I
2011												
SVA-KRA	16,84	I			4,50	I	1,03	I	0,059	II	0,43	I
SVA-KLI	17,16	I	7,67	I	3,11	I	1,19	I	0,054	II	0,05	I
ROL-NH	4,04	I			7,71	II	0,23	I	0,025	I	1,14	III
NAC-NAC	10,46	I			5,31	I	1,13	I	0,023	I	0,30	I
NAC-ROT	10,16	I	12,50	I	4,48	I	1,07	I	0,041	I	0,13	I

	konduktivita		CHSK		TOC		N-NO <sub>3</sub>		Pcelk		Fe	
2012												
SVA-KRA	17,57	I	3,08	I	3,60	I	1,41	I	0,068	II	0,28	I
SVA-KLI	15,93	I	42,50	III	9,88	II	1,15	I	0,312	IV	0,31	I
ROL-NH												
NAC-NAC	10,26	I	4,90	I			1,09	I	0,021	I	0,26	I
NAC-ROT	10,10	I			5,88	I	0,95	I	0,041	I	0,13	I
2013												
SVA-KRA	16,77	I	2,81	I	3,73	I	1,11	I	0,069	II	0,24	I
SVA-KLI	16,48	I			3,05	I	1,08	I	0,056	II	0,06	I
ROL-NH												
NAC-NAC	9,29	I	6,28	II	6,46	I	1,03	I	0,026	I	0,25	I
NAC-ROT	9,43	I			5,18	I	0,99	I	0,043	I	0,13	I
2014												
SVA-KRA	18,42	I	3,04	I	5,11	I	1,19	I	0,105	II	0,37	I
SVA-KLI	16,88	I			3,38	I	1,20	I	0,069	II	0,07	I
ROL-NH												
NAC-NAC	10,08	I	6,41	II	6,83	I	1,06	I	0,034	I	0,43	I
NAC-ROT	10,40	I			4,33	I	1,06	I	0,042	I	0,11	I
2015												
SVA-KRA	21,37	I	3,16	I	4,40	I	1,46	I	0,109	II	0,24	I
SVA-KLI	18,82	I			2,40	I	1,25	I	0,063	II	0,06	I
ROL-NH												
NAC-NAC	10,22	I	6,27	II	6,72	I	1,18	I	0,030	I	0,33	I
NAC-ROT	10,90	I			4,08	I	1,13	I	0,040	I	0,11	I
2016												
SVA-KRA	18,80	I	2,14	I	4,88	I	1,34	I	0,081	II	0,22	I
SVA-KLI	16,82	I			3,32	I	1,07	I	0,061	II	0,06	I
ROL-NH												
NAC-NAC	10,39	I	6,31	II	7,61	II	1,20	I	0,029	I	0,32	I
NAC-ROT	10,75	I			6,65	I	0,88	I	0,062	II	0,12	I
2017												
SVA-KRA	18,01	I	2,96	I	5,03	I	1,34	I	0,061	II	0,33	I
SVA-KLI	16,62	I			2,64	I	1,16	I	0,048	I	0,05	
ROL-NH												
NAC-NAC	10,31	I	5,47	I	8,14	II	1,23	I	0,037	I	0,32	I
NAC-ROT	10,75	I			4,18	I	1,12	I	0,045	I	0,09	I
2018												
SVA-KRA	21,06	I	2,13	I	3,43	I	1,44	I	0,095	II	0,22	I
SVA-KLI					2,42	I	1,33	I	0,058	II	0,06	I
ROL-NH												
NAC-NAC	12,07	I	3,54	I	5,92	I	1,22	I	0,026	I	0,19	I
NAC-ROT	12,43	I			6,86	I	1,15	I	0,070	II	0,08	I

Příloha 3: Tabulka jakosti vod parametru BSK<sub>5</sub> zájmových profilů podle ČSN 757221

	SVA-KRA		ROL-NH		NAC-NAC	
1993	4,83	III			1,27	I
1994	4,56	III			1,45	I
1995	2,46	II	1,10	I	1,03	I
1996	3,00	II	0,90	I	1,52	I
1997	3,20	II	1,25	I	1,19	I
1998	2,21	II	0,95	I	1,00	I
1999	1,74	I	1,10	I	1,00	I
2000	2,03	II	0,95	I	0,83	I
2001	1,76	I	6,48	III	0,92	I
2002	2,37	II	1,13	I	0,66	I
2003	2,81	II	1,73	I	0,63	I
2004	2,23	II	1,19	I	1,43	I
2005	1,20	I	0,93	I	1,28	I
2006	1,98	I	1,08	I	1,50	I
2007	1,22	I	0,84	I	0,85	I
2008	1,41	I	1,00	I	0,90	I
2009	1,65	I	0,93	I	1,03	I
2010	1,41	I	0,91	I	1,16	I
2011	1,92	I	1,36	I	1,36	I
2012	1,57	I			0,97	I
2013	1,21	I	1,36	I	0,79	I
2014	1,34	I			0,98	I
2015	1,35	I	1,30	I	0,79	I
2016	1,92	I			1,26	I
2017	1,70	I	1,54	I	1,43	I
2018	1,31	I			1,06	I

(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Příloha 4: Pearsonův koeficient pro profil SVA–KLI

	Q	TOC	CHSK	kon.	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na	K	Fe	cel. P	T voda	Ca
Q	1	0,1475	0,0775	-0,1768	-0,4536	0,0627	-0,0351	-0,2636	0,0375	-0,0203	-0,3222	-0,2393
TOC	0,1475	1	0,9555	0,3946	-0,1162	-0,0605	0,4709	0,0815	0,7231	0,9000	-0,1076	0,1109
CHSK	0,0775	0,9555	1	0,5233	-0,0458	-0,0597	0,6131	0,0958	0,2948	0,8929	-0,0816	0,1373
kon.	-0,1768	0,3946	0,5233	1	0,1174	0,1848	0,8892	0,3693	-0,0195	0,4380	-0,0954	0,4369
pH	-0,4536	-0,1162	-0,0458	0,1174	1	-0,1661	-0,0050	0,2022	-0,0205	-0,0118	0,3923	0,2712
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,0627	-0,0605	-0,0597	0,1848	-0,1661	1	0,0336	0,3759	0,0001	0,1200	-0,2038	0,3930
Na	-0,0351	0,4709	0,6131	0,8892	-0,0050	0,0336	1	0,1595	-0,0261	0,4064	-0,1557	0,2550
K	-0,2636	0,0815	0,0958	0,3693	0,2022	0,3759	0,1595	1	-0,0033	0,3084	0,1245	0,7198
Fe	0,0375	0,7231	0,2948	-0,0195	-0,0205	0,0001	-0,0261	-0,0033	1	0,3469	-0,1091	0,0124
cel. P	-0,0203	0,9000	0,8929	0,4380	-0,0118	0,1200	0,4064	0,3084	0,3469	1	-0,0454	0,2965
T voda	-0,3222	-0,1076	-0,0816	-0,0954	0,3923	-0,2038	-0,1557	0,1245	-0,1091	-0,0454	1	0,1691
Ca	-0,2393	0,1109	0,1373	0,4369	0,2712	0,3930	0,2550	0,7198	0,0124	0,2965	0,1691	1

(zdroj dat: LFULG)

Příloha 5: Pearsonův koeficient pro profil SVA–KRA

	Q	TOC	CHSK	BSK <sub>5</sub>	kon.	pH	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na	K	Fe	cel. P	T voda	Ca
Q	1	0,0953	0,2386	-0,1514	-0,3366	-0,4499	-0,1444	-0,0294	-0,2142	-0,3957	0,1848	-0,1871	-0,3101	-0,1422
TOC	0,0953	1	0,3853	0,0508	-0,0127	0,1558	-0,0400	-0,0301	0,0321	0,0915	0,4110	-0,0506	0,1388	0,0912
CHSK	0,2386	0,3853	1	0,4898	0,2242	-0,1343	0,1415	0,0752	0,1606	0,2335	0,3458	0,3696	0,1484	0,0895
BSK <sub>5</sub>	-0,1514	0,0508	0,4898	1	0,3273	-0,0266	0,3552	0,1403	0,2948	0,3746	0,2232	0,6850	-0,1855	0,1828
kon.	-0,3366	-0,0127	0,2242	0,3273	1	0,2352	0,1285	0,1775	0,8502	0,6734	0,1308	0,2911	0,0081	0,1609
pH	-0,4499	0,1558	-0,1343	-0,0266	0,2352	1	0,0025	-0,0682	0,1669	0,3852	-0,1474	0,1192	0,4280	0,1099
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	-0,1444	-0,0400	0,1415	0,3552	0,1285	0,0025	1	0,0530	0,2142	0,4849	0,0302	0,9127	0,3918	0,1814
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,0294	-0,0301	0,0752	0,1403	0,1775	-0,0682	0,0530	1	0,1224	0,3868	0,1008	0,3014	-0,1073	-0,0254
Na	-0,2142	0,0321	0,1606	0,2948	0,8502	0,1669	0,2142	0,1224	1	0,4339	0,0908	0,2392	-0,1077	0,3308
K	-0,3957	0,0915	0,2335	0,3746	0,6734	0,3852	0,4849	0,3868	0,4339	1	-0,0014	0,4460	0,3016	0,7071
Fe	0,1848	0,4110	0,3458	0,2232	0,1308	-0,1474	0,0302	0,1008	0,0908	-0,0014	1	0,1032	-0,0751	0,0165
cel. P	-0,1871	-0,0506	0,3696	0,6850	0,2911	0,1192	0,9127	0,3014	0,2392	0,4460	0,1032	1	0,2339	0,2772
T voda	-0,3101	0,1388	0,1484	-0,1855	0,0081	0,4280	0,3918	-0,1073	-0,1077	0,3016	-0,0751	0,2339	1	0,4196
Ca	-0,1422	0,0912	0,0895	0,1828	0,1609	0,1099	0,1814	-0,0254	0,3308	0,7071	0,0165	0,2772	0,4196	1

(zdroj dat: Povodí Ohře)

Příloha 6: Pearsonův koeficient pro profil ROL–NH

	Q	TOC	CHSK	BSK <sub>5</sub>	kon.	pH	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na	K	Fe	T voda	cel. P	Ca
Q	1	-0,0260	0,1810	0,0535	-0,0330	-0,2698	0,1088	-0,0742	-0,3858	-0,2931	-0,0358	-0,3447	0,1640	-0,2502
TOC	-0,0260	1	0,8789	0,0051	-0,1419	-0,1816	0,0135	0,0060	0,0130	0,1843	0,3506	0,1267	-0,2467	-0,1020
CHSK	0,1810	0,8789	1	0,2052	-0,0984	-0,0773	0,1801	-0,1227	-0,3262	-0,4685	0,6985	0,4386	0,0216	-0,1718
BSK <sub>5</sub>	0,0535	0,0051	0,2052	1	0,0112	-0,0129	0,1248	-0,0244	0,0033	-0,0957	0,0203	0,0886	-0,0141	-0,0097
kon.	-0,0330	-0,1419	-0,0984	0,0112	1	-0,1738	-0,2835	-0,1213	0,4455	0,5167	-0,1887	-0,0640	-0,2310	0,4666
pH	-0,2698	-0,1816	-0,0773	-0,0129	-0,1738	1	0,0936	0,1053	-0,0566	0,0278	0,1072	0,3206	-0,0134	-0,1855
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,1088	0,0135	0,1801	0,1248	-0,2835	0,0936	1	-0,0223	-0,3332	-0,3929	0,0512	-0,2481	0,5477	-0,3667
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,0742	0,0060	-0,1227	-0,0244	-0,1213	0,1053	-0,0223	1	-0,0473	-0,0735	0,1444	0,1074	-0,0441	-0,1150
Na	-0,3858	0,0130	-0,3262	0,0033	0,4455	-0,0566	-0,3332	-0,0473	1	0,6753	-0,1512	-0,0373	-0,2732	0,6720
K	-0,2931	0,1843	-0,4685	-0,0957	0,5167	0,0278	-0,3929	-0,0735	0,6753	1	-0,0135	-0,0833	-0,2987	0,5819
Fe	-0,0358	0,3506	0,6985	0,0203	-0,1887	0,1072	0,0512	0,1444	-0,1512	-0,0135	1	0,2788	-0,1982	-0,1104
T voda	-0,3447	0,1267	0,4386	0,0886	-0,0640	0,3206	-0,2481	0,1074	-0,0373	-0,0833	0,2788	1	-0,3267	-0,1917
cel. P	0,1640	-0,2467	0,0216	-0,0141	-0,2310	-0,0134	0,5477	-0,0441	-0,2732	-0,2987	-0,1982	-0,3267	1	-0,2483
Ca	-0,2502	-0,1020	-0,1718	-0,0097	0,4666	-0,1855	-0,3667	-0,1150	0,6720	0,5819	-0,1104	-0,1917	-0,2483	1

(zdroj dat: Povodí Ohře)

Příloha 7: Pearsonův koeficient pro profil NAC–ROT

	Q	TOC	CHSK	kon.	pH	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na	K	Fe	cel. P	T voda	Ca
Q	1	0,4179	0,4084	-0,3622	-0,6263	0,1800	-0,5097	-0,0716	0,3302	0,1792	-0,2787	-0,2638
TOC	0,4179	1	0,9638	-0,4013	-0,2241	-0,3575	-0,3064	0,2689	0,7723	0,6944	0,1966	-0,2759
CHSK	0,4084	0,9638	1	-0,5847	-0,1591	-0,4383	-0,6040	-0,1633	0,7692	0,7897	0,2138	-0,4147
kon.	-0,3622	-0,4013	-0,5847	1	0,1155	0,4530	0,5021	0,4340	-0,2578	-0,0050	0,0279	0,6177
pH	-0,6263	-0,2241	-0,1591	0,1155	1	-0,3777	0,4065	-0,0372	-0,1878	0,0101	0,4713	-0,0355
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,1800	-0,3575	-0,4383	0,4530	-0,3777	1	-0,0077	0,3290	-0,0324	-0,2148	-0,4115	0,6551
Na	-0,5097	-0,3064	-0,6040	0,5021	0,4065	-0,0077	1	0,3427	-0,4309	0,0054	0,0636	0,2615
K	-0,0716	0,2689	-0,1633	0,4340	-0,0372	0,3290	0,3427	1	-0,0046	0,6408	-0,1090	0,4598
Fe	0,3302	0,7723	0,7692	-0,2578	-0,1878	-0,0324	-0,4309	-0,0046	1	0,2618	0,2027	-0,1108
cel. P	0,1792	0,6944	0,7897	-0,0050	0,0101	-0,2148	0,0054	0,6408	0,2618	1	0,0885	-0,0802
T voda	-0,2787	0,1966	0,2138	0,0279	0,4713	-0,4115	0,0636	-0,1090	0,2027	0,0885	1	-0,0406
Ca	-0,2638	-0,2759	-0,4147	0,6177	-0,0355	0,6551	0,2615	0,4598	-0,1108	-0,0802	-0,0406	1

(zdroj dat: LFULG)

Příloha 8: Pearsonův koeficient pro profil NAC–NAC

	Q	TOC	CHSK	BSK5	kon.	pH	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na	K	Fe	cel. P	T voda	Ca
Q	1	0,2901	0,3830	-0,0829	-0,3005	-0,6105	0,0963	0,2962	-0,4655	-0,0121	0,2467	0,0557	-0,0926	-0,0600
TOC	0,2901	1	0,8953	-0,0020	-0,4397	-0,1303	-0,0171	-0,3627	-0,2820	-0,0503	0,6855	-0,0537	0,2631	-0,2600
CHSK	0,3830	0,8953	1	0,0121	-0,4321	-0,1409	0,0612	-0,2544	-0,4315	-0,0226	0,8404	0,0156	0,2066	-0,1563
BSK5	-0,0829	-0,0020	0,0121	1	0,0526	0,1203	-0,0883	-0,0862	-0,0238	-0,0361	0,0957	-0,0583	0,0087	-0,0125
kon.	-0,3005	-0,4397	-0,4321	0,0526	1	0,1590	-0,1570	0,4752	0,4563	0,4468	-0,2754	-0,0504	-0,1675	0,6628
pH	-0,6105	-0,1303	-0,1409	0,1203	0,1590	1	0,0707	-0,5021	0,2879	-0,0679	-0,0857	0,0530	0,3773	-0,1422
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,0963	-0,0171	0,0612	-0,0883	-0,1570	0,0707	1	-0,2280	-0,2041	-0,2662	-0,0462	0,4798	0,0415	-0,1948
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,2962	-0,3627	-0,2544	-0,0862	0,4752	-0,5021	-0,2280	1	0,0834	0,5100	-0,1777	-0,1207	-0,5607	0,5771
Na	-0,4655	-0,2820	-0,4315	-0,0238	0,4563	0,2879	-0,2041	0,0834	1	0,3239	-0,2673	-0,0734	-0,0447	0,2827
K	-0,0121	-0,0503	-0,0226	-0,0361	0,4468	-0,0679	-0,2662	0,5100	0,3239	1	0,0983	-0,1132	-0,2399	0,5939
Fe	0,2467	0,6855	0,8404	0,0957	-0,2754	-0,0857	-0,0462	-0,1777	-0,2673	0,0983	1	-0,0718	0,2051	-0,0751
cel. P	0,0557	-0,0537	0,0156	-0,0583	-0,0504	0,0530	0,4798	-0,1207	-0,0734	-0,1132	-0,0718	1	-0,0048	-0,0399
T voda	-0,0926	0,2631	0,2066	0,0087	-0,1675	0,3773	0,0415	-0,5607	-0,0447	-0,2399	0,2051	-0,0048	1	-0,1272
Ca	-0,0600	-0,2600	-0,1563	-0,0125	0,6628	-0,1422	-0,1948	0,5771	0,2827	0,5939	-0,0751	-0,0399	-0,1272	1

(zdroj dat: Povodí Ohře)

Příloha 9: Výsledky Mann-Kendallového testu pro teplotu vody v období 1993–2018

	SVA–KLI		SVA–KRA		ROL–NH		NAC–ROT		NAC–NAC	
	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value
leden	0,413	0,679	-0,854	0,393	-0,072	0,943	1,173	0,241	-0,245	0,806
únor	1,012	0,312	0,632	0,528	1,488	0,137	-0,065	0,948	0,389	0,697
březen	0,488	0,625	1,864	0,062	-0,312	0,755	1,563	0,118	-1,098	0,272
duben	-0,546	0,585	0,712	0,477	0,389	0,697	2,047	0,041	-0,440	0,660
květen	-1,387	0,165	2,346	0,019	-0,481	0,630	1,624	0,104	-0,148	0,882
červen	1,784	0,074	0,902	0,367	-0,276	0,783	1,628	0,104	1,039	0,299
červenec	1,138	0,255	0,122	0,903	-0,312	0,755	0,770	0,441	0,183	0,855
srpen	2,034	0,042			0,686	0,493	0,843	0,399	-0,198	0,843
září	-0,110	0,913	0,497	0,619			-1,026	0,305	1,538	0,124
říjen	-1,291	0,197	1,353	0,176	1,783	0,075	1,525	0,127	-0,274	0,784
listopad	-0,495	0,620	0,933	0,351	1,097	0,273	-0,772	0,440	0,297	0,766
prosinec	2,471	0,013	-0,469	0,639	1,840	0,066	-0,193	0,847		
rok	2,524	0,012	2,075	0,038	0,823	0,411	1,962	0,050	-0,720	0,471

(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)



Příloha 10: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **konduktivitu** v období 1993–2018 (SVA–KR851985–2018)

	SVA–KLI		SVA–KR85		SVA–KRA		ROL–NH		NAC–ROT		NAC–NAC	
	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value
leden	-0,484	0,629	0,250	0,802	0,264	0,791	-3,667	0,000	-1,895	0,058	-3,356	0,001
únor	-1,932	0,053	-1,008	0,313	0,117	0,907	-2,435	0,015	-1,982	0,047	-3,365	0,001
březen	-1,185	0,236	0,214	0,830	0,050	0,960	-2,743	0,006	-2,925	0,003	-3,020	0,003
duben	-0,491	0,624	-0,952	0,341	-0,846	0,398	-2,811	0,005	-3,340	0,001	-2,371	0,018
květen	-2,595	0,009	-0,015	0,988	-1,433	0,152	-2,806	0,005	-3,508	0,000	-4,043	0,000
červen	-1,532	0,125	0,697	0,486	-0,640	0,522	-3,349	0,001	-2,177	0,029	-2,447	0,014
červenec	0,595	0,552	-0,525	0,599	-0,056	0,955	-3,291	0,001	-3,084	0,002	-3,530	0,000
srpen	-0,397	0,691	-1,764	0,078	-0,151	0,880	-2,621	0,009	-1,683	0,092	-2,487	0,013
září	0,538	0,591	-0,713	0,476	0,640	0,522	-2,751	0,006	-1,217	0,224	-2,270	0,023
říjen	-0,571	0,568	-1,216	0,224	-0,022	0,982	-3,865	0,000	-0,866	0,387	-1,874	0,061
listopad	-1,168	0,243	-0,308	0,758	0,273	0,785	-3,962	0,000	-0,105	0,916	-1,367	0,172
prosinec	0,514	0,608	-0,490	0,624	-0,152	0,879	-2,253	0,024	0,274	0,784	-1,240	0,215
rok	-1,697	0,090	-1,171	0,242	-0,595	0,552	-3,790	0,000	-3,131	0,002	-3,857	0,000

(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Příloha 11: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **BSK<sub>5</sub>** v období 1993–2018 (SVA–KR851985–2018)

	SVA–KR85		SVA–KRA		ROL–NH		NAC–NAC	
	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value
leden	-3,134	0,002	-3,046	0,002	-0,076	0,939	-0,759	0,448
únor	-4,042	0,000	-2,614	0,009	-0,435	0,664	0,248	0,804
březen	-2,842	0,004	-1,591	0,112	1,102	0,271	0,028	0,977
duben	-3,540	0,000	-1,916	0,055	0,056	0,955	-0,850	0,395
květen	-4,619	0,000	-3,094	0,002	1,230	0,219	0,824	0,410
červen	-4,066	0,000	-2,936	0,003	-0,997	0,319	-0,582	0,560
červenec	-4,179	0,000	-1,959	0,050	0,832	0,405	1,013	0,311
srpen	-4,108	0,000	-2,742	0,006	0,739	0,460	-0,823	0,410
září	-3,521	0,000	-0,841	0,400	1,360	0,174	0,071	0,944
říjen	-2,995	0,003	-0,398	0,691	1,570	0,116	-0,487	0,626
listopad	-5,165	0,000	-4,301	0,000	0,706	0,480	-0,450	0,653
prosinec	-3,280	0,001	-2,940	0,003	-0,539	0,590	0,299	0,765
rok	-5,456	0,000	-3,924	0,000	0,650	0,516	-0,794	0,427

(zdroje dat: Povodí Ohře)

Příloha 12: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **TOC** v období 1993–2018

	SVA–KLI		SVA–KRA		ROL–NH		NAC–ROT		NAC–NAC	
	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value
leden	0,737	0,461	1,864	0,062	0,461	0,645	0,061	0,951	0,383	0,702
únor	-1,542	0,123	0,867	0,386	0,304	0,761	-1,689	0,091	0,636	0,525
březen	-1,518	0,129	1,236	0,217			-0,495	0,620	1,288	0,198
duben	-1,545	0,122	0,677	0,498	-0,608	0,543	1,581	0,114	0,122	0,903
květen	-2,347	0,019	0,420	0,674	-0,451	0,652	-0,658	0,511	-0,488	0,625
červen	0,343	0,731	1,859	0,063	-2,253	0,024	-1,491	0,136	1,993	0,046
červenec	0,185	0,853	1,441	0,150			-0,793	0,428	0,795	0,427
srpen	0,226	0,821	-0,595	0,552	1,237	0,216	-0,495	0,620	0,055	0,956
září	0,151	0,880	1,061	0,289	-0,150	0,881	-1,791	0,073	0,766	0,444
říjen	-0,652	0,514	2,631	0,009	0,742	0,458	0,275	0,784	0,626	0,531
listopad	2,293	0,022	-0,124	0,902	0,495	0,621	-0,550	0,582	0,744	0,457
prosinec	0,374	0,709	-1,108	0,268	1,530	0,126	1,791	0,073	1,485	0,138
rok	-0,106	0,916	1,329	0,184	1,732	0,083	0,175	0,861	0,412	0,680

(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Příloha 13: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **fosforečnany** v období 1993–2018  
(SVA–KR851985–2018)

	SVA–KR85		SVA–KRA		ROL–NH		NAC–NAC	
	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value
leden	-2,842	0,004	-2,411	0,016	2,816	0,005	2,235	0,025
únor	-2,856	0,004	-0,703	0,482	1,348	0,178	-0,071	0,943
březen	-1,770	0,077	0,174	0,862	0,443	0,658	0,918	0,358
duben	-2,765	0,006	-0,534	0,594	1,237	0,216	2,035	0,042
květen	-3,030	0,002	-0,885	0,376	2,882	0,004	1,539	0,124
červen	-2,893	0,004	-0,927	0,354	0,808	0,419	2,705	0,007
červenec	-3,284	0,001	-0,593	0,553	0,142	0,887	2,066	0,039
srpen	-4,150	0,000	-1,966	0,049	0,771	0,440	2,292	0,022
září	-3,262	0,001	-0,198	0,843	1,135	0,256	3,182	0,001
říjen	-3,634	0,000	-1,323	0,186	1,353	0,176	3,854	0,000
listopad	-3,911	0,000	-1,714	0,086	2,913	0,004	1,756	0,079
prosinec	-3,188	0,001	-2,769	0,006			1,852	0,064
rok	-4,848	0,000	-2,491	0,013	2,437	0,015	3,395	0,001

(zdroje dat: Povodí Ohře)

Příloha 14: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **celkový fosfor** v období 1993–2018

	SVA–KLI		SVA–KRA		ROL–NH		NAC–ROT		NAC–NAC	
	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value
leden	-1,790	0,074	-3,042	0,002	-1,689	0,091	1,567	0,117	-0,436	0,663
únor	-2,930	0,003	-0,307	0,759	-0,647	0,517	2,259	0,024	-1,330	0,184
březen	-2,095	0,036	-0,649	0,516	-1,662	0,097	1,919	0,055	-0,998	0,318
duben	-2,543	0,011	-1,438	0,151	-0,819	0,413	1,648	0,099	-0,896	0,370
květen	-2,981	0,003	-1,237	0,216	-0,987	0,324	1,204	0,229	0,556	0,578
červen	-2,344	0,019	-1,704	0,088	-1,304	0,192	-1,293	0,196	2,565	0,010
červenec	-2,737	0,006	-0,368	0,713	-0,871	0,384	-0,513	0,608	1,373	0,170
srpen	-1,597	0,110	-1,700	0,089	1,203	0,229	1,373	0,170	1,160	0,246
září	-1,068	0,286	0,377	0,707	-0,778	0,436	1,318	0,187	2,324	0,020
říjen	-2,089	0,037	-0,840	0,401	-0,064	0,949	1,274	0,202	0,759	0,448
listopad	-1,861	0,063	-1,987	0,047	-1,021	0,307	1,092	0,275	-0,330	0,742
prosinec	-2,114	0,034	-2,521	0,012	1,464	0,143	0,513	0,608	-0,058	0,954
rok	-3,014	0,003	-1,521	0,128	-1,611	0,107	1,440	0,150	0,531	0,596

(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Příloha 15: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **sodík** v období 1993–2018

	SVA–KLI		SVA–KRA		ROL–NH		NAC–ROT		NAC–NAC	
	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value
leden	2,173	0,030	1,028	0,304	-1,342	0,180	1,447	0,148	-0,191	0,848
únor	-0,696	0,486	0,720	0,472	0,490	0,624	0,878	0,380	-0,835	0,404
březen	0,424	0,671	1,087	0,277	-1,051	0,293	1,369	0,171	-0,357	0,721
duben	1,839	0,066	0,271	0,787	-0,939	0,348	0,661	0,508	-0,211	0,833
květen	0,454	0,650	0,733	0,463	-2,369	0,018	-0,038	0,969	0,354	0,723
červen	1,786	0,074	2,350	0,019	-0,304	0,761	2,646	0,008	0,316	0,752
červenec	2,552	0,011	1,123	0,261	-1,257	0,209	1,081	0,280	-1,595	0,111
srpen	1,164	0,244	0,771	0,441	-0,522	0,602	1,443	0,149	-1,267	0,205
září	2,240	0,025	1,494	0,135	-0,834	0,404	1,449	0,147	1,407	0,159
říjen	2,076	0,038	1,820	0,069	-1,070	0,285	0,785	0,433	0,387	0,699
listopad	0,133	0,895	1,298	0,194	-2,406	0,016	0,531	0,595	-0,722	0,470
prosinec	1,929	0,054	-0,156	0,876			0,990	0,322	0,686	0,493
rok	2,006	0,045	1,494	0,135	-3,172	0,002	3,014	0,003	-0,420	0,674

(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)

Příloha 16: Výsledky Mann-Kendallova testu pro **draslík** v období 1993–2018

	SVA–KLI		SVA–KRA		ROL–NH		NAC–ROT		NAC–NAC	
	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value	MK-stat	p-value
leden	-2,501	0,012	-1,395	0,163	-2,120	0,034	-3,384	0,001	-2,797	0,005
únor	-3,276	0,001	-3,474	0,001	-0,758	0,448	-3,604	0,000	-4,602	0,000
březen	-3,118	0,002	-2,278	0,023	-1,823	0,068	-0,468	0,640	-3,269	0,001
duben	-3,294	0,001	-1,269	0,204	-1,691	0,091	-1,950	0,051	-3,387	0,001
květen	-3,040	0,002	-1,925	0,054	-1,797	0,072	-3,499	0,000	-3,114	0,002
červen	-2,517	0,012	-1,233	0,218	-0,608	0,543	-0,969	0,332	-1,607	0,108
červenec	-1,783	0,075	-0,666	0,505	-0,503	0,615	-1,581	0,114	-3,028	0,002
srpen	-2,235	0,025	-1,650	0,099	-0,522	0,602	-0,613	0,540	-3,641	0,000
září	-2,368	0,018	-1,670	0,095	-1,590	0,112	-0,169	0,866	-4,260	0,000
říjen	-1,580	0,114	-0,771	0,441	-0,532	0,595	-0,757	0,449	-3,417	0,001
listopad	-2,733	0,006	-1,334	0,182	-2,989	0,003	-1,763	0,078	-3,789	0,000
prosinec	-2,623	0,009	-2,362	0,018			-0,508	0,612	-2,200	0,028
rok	-3,794	0,000	-2,482	0,013	-3,851	0,000	-2,129	0,033	-4,593	0,000

(zdroje dat: Povodí Ohře, LFULG)